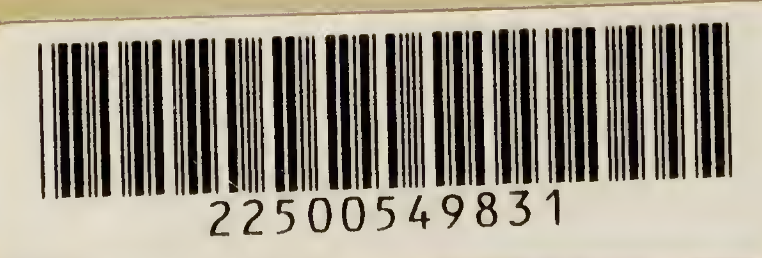
E. AUBERT.

Programmes de 1902
Classe de Troisième - Ecole de Saint-Cyr.

LES PHÉNOMÈNES DE LA VIE

PARIS

E. ANDRÉ Fils ÉDITEUR


22500549831

F. Buchanan
University Museum
Oxford.

Les

PHÉNOMÈNES DE LA VIE

CHEZ L'HOMME

Ouvrages de M. AUBERT

Docteur ès sciences, Agrégé de l'Université, Professeur au lycée Charlemagne.

PROGRAMMES DE 1902

CLASSE DE SIXIÈME.

Histoire des Animaux, description, rapports, mœurs, capture, élevage, utilisation. 1 vol. in-8° écu, contenant près de 500 fig., cart. 2 50

CLASSE DE CINQUIÈME.

Histoire des Plantes. 1 vol. in-8° écu, cartonné... (*sous presse*)

CLASSE DE CINQUIÈME B ET DE QUATRIÈME A.

Histoire de la Terre (Phénomènes actuels). 1 v. in-8° écu, c. (*s. presse*)

CLASSE DE TROISIÈME.

Les Phénomènes de la Vie chez l'Homme. 1 vol. in-8° écu, cartonné.. 2 »

CLASSE DE SECONDE.

Histoire de la Terre (Phénomènes anciens). 1 v. in-8° écu, c. (*s. presse*)

HISTOIRE NATURELLE DES ÊTRES VIVANTS

TOME PREMIER

Fascicule I. — **Cours d'Anatomie et de Physiologie animales.** — Écoles de Médecine et de Pharmacie, Certificat d'études P. C. N., Institut agronomique, Écoles d'agriculture, Écoles vétérinaires, École centrale, École navale, Baccalauréats des Enseignements classique et moderne, Professorat des Écoles normales et des Écoles primaires supérieures. — 5e *édition*, entièrement refondue, avec *348 clichés* comprenant *672 figures*. Un vol. in-8°, relié toile.......................... 4 fr.

Fascicule II. — **Cours d'Anatomie et de Physiologie végétales.** 4e *éd.*, refondue, avec *308 clichés* comprenant *843 fig.* Un vol. in-8° relié toile. 3 fr.

TOME II

Fascicule I. — **Reproduction chez les animaux et Embryogénie,** par E. AUBERT et C. HOUARD. 1 v. in-8°, r. t. (*188 p.* et *110 f.*). 2e *éd.* 4 fr.

Fascicule II. — **Classifications zoologiques et botaniques.** 3e *édition.* 1 volume in-8°, relié toile (*829 pages* et *946 figures*)..... 7 fr.

Ouvrages rédigés pour les candidats au Certificat d'études physiques, chimiques et naturelles, et à la Licence ès sciences naturelles (Enseignement supérieur).

Ces tomes sont adoptés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des professeurs (Lycées et Collèges de garçons). Ils sont recommandés par le Ministre de l'Instruction publique en Russie *pour toutes les Bibliothèques d'Enseignement supérieur et, à l'exclusion du Fascicule I du tome II, pour toutes les Bibliothèques d'Enseignement secondaire.*

L'ouvrage entier (tomes I et II) *a été honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique et du Ministère de l'Agriculture.*

Éléments d'Histoire naturelle. 5e *éd.* 1 b. v. in-8°, r. t. (1036 p. et 1114 f.) 8 fr.

Histoire naturelle élémentaire (Écoles primaires supérieures), avec de nombreuses figures schématiques coloriées, 8e *édition.* 1 vol. in-8° écu de *468 pages* et *495 figures*, relié toile.................. 3 75

Précis d'Histoire naturelle, avec figures schématiques coloriées. 1 vol. in-18, relié toile.. 3 fr.

Notions sommaires de Paléontologie. 1 vol. in-8°, broché... 1 fr.

Éléments de Géologie, *211 pages* et *221 figures.* In-8°, rel. t. 3 fr.

Lectures et Promenades scientifiques, à l'usage des Écoles et des Cours primaires. 1 vol. in-8° écu, contenant *400 gravures*....... 1 60

Cours élémentaire d'Hygiène, par AUBERT et LAPRESTÉ, 7e *édition*, in-12, cartonné.. 1 40

L'Alcoolisme, par les mêmes. 3e *édition*, in-12, cart............. » 40

PROGRAMMES DE 1902

Enseignement secondaire. — Classe de Troisième.

École de Saint-Cyr [Compléments].

Les

PHÉNOMÈNES DE LA VIE
CHEZ L'HOMME

PAR

E. AUBERT

DOCTEUR ÈS SCIENCES, AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ,
PROFESSEUR AU LYCÉE CHARLEMAGNE



PARIS

LIBRAIRIE CLASSIQUE DE F.-E. ANDRÉ-GUÉDON

E. ANDRÉ FILS, SUCCESSEUR

6, rue Casimir-Delavigne (près l'Odéon)

—

1903



LES PHÉNOMÈNES DE LA VIE
CHEZ L'HOMME

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA CELLULE VIVANTE

L'Élément constitutif du corps des Animaux. — La forme vivante la plus simple est une masse de **protoplasme**, sans forme définie, comparable à un grumeau de gelée.

Mélange de substances en apparence aussi homogènes que l'albumine de l'œuf, ce protoplasme *se meut* et *s'accroît* en se nourrissant des substances inertes qu'il peut capturer.

« En lui réside une puissance mystérieuse, la même qui édifie le corps humain et lui permet de manifester ses admirables facultés; cette puissance, c'est la



Fig. 1. — La Protamibe (très grossie).

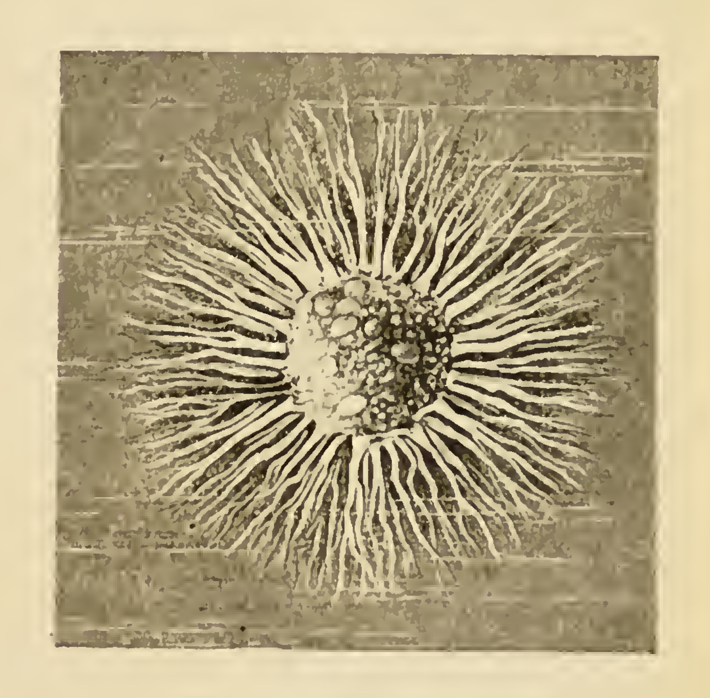


Fig. 2. — La Protomyxa (très grossie).

vie dont nous connaissons les œuvres, mais dont la nature même nous demeure encore cachée [Edmond Perrier].

Tel est le cas des Êtres inférieurs [comme la *Protamibe* (fig. 1), la *Protomyxa* (fig. 2)] désignés autrefois sous le nom de **Monères**.

L'*Amibe* (fig. 3), la *Difflugie* (fig. 4) possèdent un noyau dans le protoplasme et sont, de ce fait, déjà plus élevées en organisation ; mais leur forme est toujours variable.

La *Paramécie* (fig. 5) est enveloppée d'une membrane hérissée de *cils vibratiles*, c'est-à-dire de filaments grêles, mobiles avec une extrême rapidité. De forme constante comme les Infusoires parmi lesquels on la range, elle peut néanmoins se mouvoir dans l'eau, grâce aux rames agiles dont elle est pourvue.

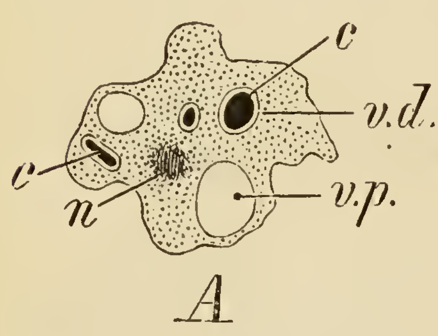


Fig. 3. — L'*Amibe*. — *n*, noyau ; *c*, corpuscules inclus dans des vacuoles digestives, *v.d* ; *v.p*, *vacuole contractile*.

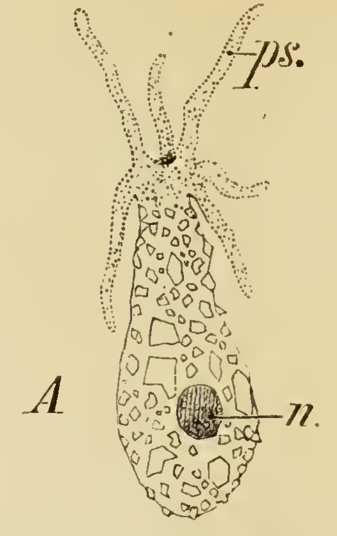


Fig. 4. — La *Difflugie*. *n*. noyau ; *p.s*. prolongements amiboïdes.

La Paramécie est une **cellule** *vivante*.

Les Êtres les plus élevés en organisation sont des assemblages, des associations, des *colonies* de cellules vivantes.

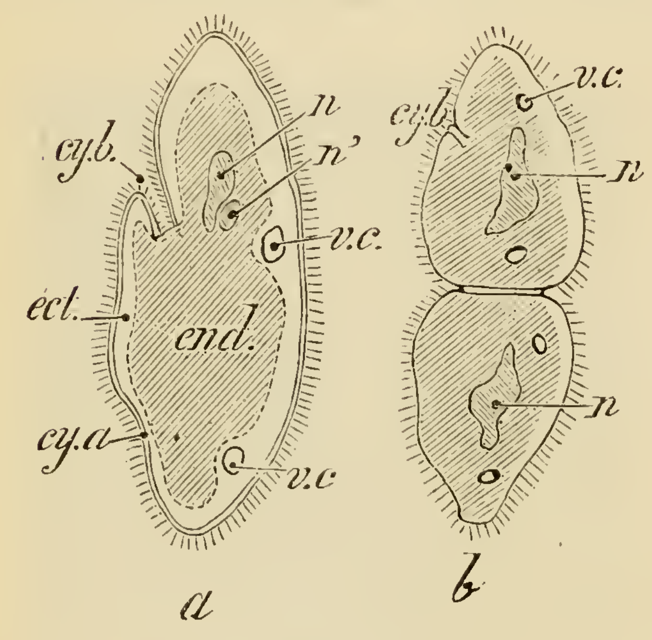


Fig. 5. — La *Paramécie*. L'être entier, *a*, présente, en *b*, un étranglement médian d'où résultera sa division en deux individus nouveaux. *v.c*, vacuoles contractiles.

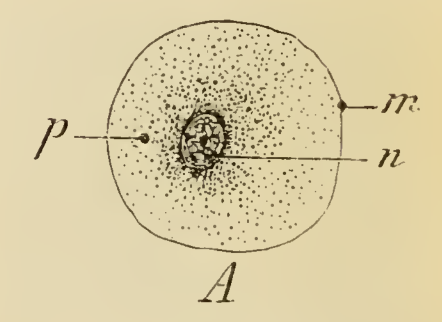


Fig. 6. — Cellule animale ; *p*, protoplasme ; *n*, noyau ; *m*, membrane azotée.

Cellule. — *Une* **cellule** *est une* **masse protoplasmique limitée**, *pourvue d'un* **noyau** *et protégée par une* **membrane** (fig. 6).

1° Le **protoplasme** en est la partie essentielle, de nature

albuminoïde; il forme un *réseau cellulaire* vivant, *h* (fig. 7), dont les mailles renferment le *liquide cellulaire* transparent et homogène, *p*.

Le protoplasme est modifié à chaque instant par l'activité de la cellule qu'il constitue. *Il se nourrit.* La propriété qu'il a de se *mouvoir* favorise sa nutrition.

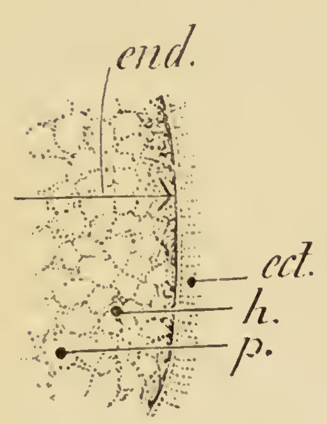


Fig. 7. — Portion de protoplasme d'un Infusoire cilié. — *h*, réseau cellulaire; *p*, liquide cellulaire; *ect*, cils vibratiles.

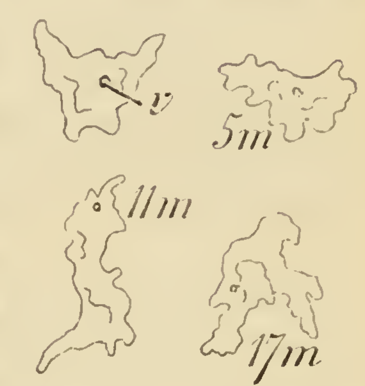


Fig. 8. — Cellule de la lymphe en migration; *v*, vacuole; 5 *m*, 11 *m*, 17 *m*, déformations successives *de la même cellule* observées au bout de 5, 11, 17 minutes (Ranvier).

Modes de nutrition du protoplasme. — (*a*) Si la *membrane* qui l'enveloppe est *nulle ou très ténue*, le protoplasme se déforme lentement, pousse des prolongements amiboïdes dans lesquels s'engage peu à peu toute la masse protoplasmique. — Ces changements de forme sont faciles à observer chez les cellules migratrices de la lymphe (fig. 8), chez des êtres libres comme l'Amibe (fig. 3).

(*b*) Les Infusoires, unicellulaires, ont une *membrane résistante* qui assure la fixité de leur forme; ils ne peuvent pousser de prolongements amiboïdes pour chercher leur nourriture et doivent, en général, se déplacer dans l'eau. Leur membrane est recouverte à cet effet, totalement ou non, de cils vibratiles; les cils sont particulièrement développés au voisinage de l'orifice par lequel pénètrent toujours les corpuscules alimentaires, *cy. b* (fig. 5). Si l'animal est au repos, le jeu des cils vibratiles assure la circulation de l'eau autour de lui, et surtout près de son orifice buccal.

(*c*) Chez les êtres pluricellulaires, où *la plupart des cellules sont à poste fixe*, le protoplasme est mobile dans la cellule même; mais comme celle-ci ne peut être *directement* en contact avec le milieu extérieur, elle se nourrit aux dépens d'un *milieu intérieur* liquide, constamment en mouvement : le sang.

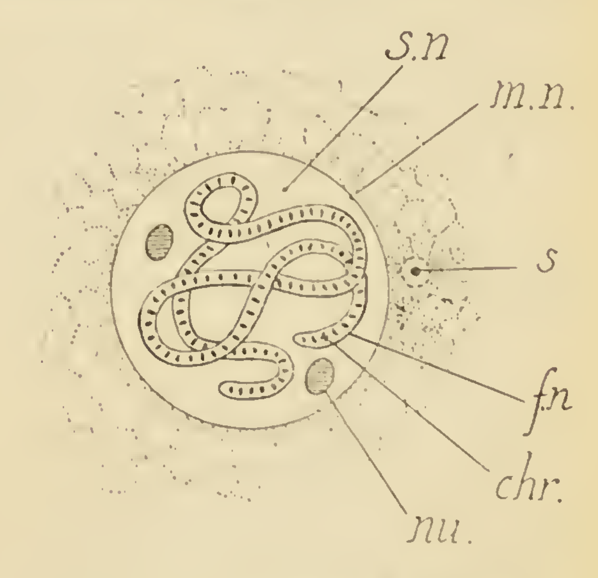


Fig. 9. — Structure du noyau. — *m.n*, membrane nucléaire; *s.n*, suc nucléaire; *f.n*, filament nucléaire; *chr.* chromosomes; *nu*, nucléoles; *s*, sphère directrice. — On a représenté, autour du noyau, la structure réticulée du protoplasme.

2° Le **noyau** (fig. 9), corps plus ou moins obscur au sein du protoplasme, présente un *filament nucléaire* diversement contourné sur lui-même en un réseau

vivant, *f. n*; dans les mailles de ce réseau se trouve un *liquide nucléaire* transparent, *s.n*, limité par une enveloppe.

Au contact de l'eau extérieure, le noyau se désorganise rapidement. Il a des propriétés chimiques comparables à celles du protoplasme.

3° La **membrane** qui enveloppe la cellule est d'origine protoplasmique comme le noyau, et de nature albuminoïde; aussi l'appelle-t-on membrane *azotée*. — Elle règle les échanges de la cellule avec le milieu ambiant.

Multiplication et différenciation cellulaires. — La cellule vivante acquiert un volume maximum à un moment donné; alors elle se multiplie, elle se *segmente*, en donnant lieu à deux cellules nouvelles qui, bientôt égales à la cellule mère, se diviseront à leur tour.

FIG. 10. — Bacille du choléra (*Bacille virgule de Koch*). Diverses formes qu'il présente dans son accroissement et sa division cellulaire.

D'une cellule primordiale en dérivent ainsi 2, 4, 8, 16, etc.

Ou bien alors ces cellules demeurent indépendantes les unes des autres (fig. 10), et l'*être est* **unicellulaire** ;

ou bien les cellules s'associent en un *être* **pluricellulaire**.

Dans ce dernier cas, elles se groupent généralement en cellules *différenciées*, caractérisées par des formes et des propriétés spéciales et différentes. — *Ces groupes constituent autant de* **tissus**.

On appelle :

tissu épithélial, celui qui recouvre et protège le corps;

tissu conjonctif, celui qui relie, qui maintient les organes dans leurs rapports normaux;

tissu musculaire, les éléments contractiles qui permettent les mouvements du corps;

tissu sanguin, le liquide chargé d'alimenter la colonie qu'il parcourt sans cesse;

tissu nerveux, celui qui régit les fonctions de l'organisme.

La différenciation cellulaire a pour conséquence la division du travail physiologique. — Le protoplasme des Êtres

unicellulaires est chargé de remplir diverses fonctions qui, chez les Êtres supérieurs, pluricellulaires, sont attribuées à des groupes de cellules *appropriées*.

Un ermite, chargé de subvenir à tous ses besoins, se fait tour à tour agriculteur, mécanicien, bûcheron, tisserand, etc., et ne joue qu'imparfaitement ces rôles; tandis que, dans une société organisée, chaque genre de travail, confié à des artisans spéciaux, est accompli avec toute la perfection désirable.

Ainsi, chez les Êtres supérieurs, contrairement aux Bactéries, aux Amibes, etc., l'application du principe économique de la *division du travail physiologique* assure le fonctionnement parfait de chaque organe, considéré seul, aussi bien que le fonctionnement de l'association entière.

En revanche, à cause de la solidarité qui existe entre toutes les parties d'un organisme élevé, si l'un quelconque des groupements fonctionnels subit une sérieuse altération, l'harmonie du travail de l'association est troublée, la sécurité de l'être compromise et son existence menacée.

RÉSUMÉ

L'élément constitutif du corps de tout animal est le *protoplasme*, capable de se nourrir et de s'accroître.

Les Êtres inférieurs sont formés exclusivement de protoplasme [Protamibe].

Les Êtres plus élevés en organisation sont composés de **cellules** : libres chez les animaux unicellulaires, associées chez les animaux pluricellulaires.

Une **cellule** est une *masse protoplasmique* limitée, pourvue d'un *noyau* et protégée par une *membrane*.

Le noyau et la membrane sont d'origine protoplasmique.

La cellule naît, se nourrit et s'accroît. Parvenue à sa dimension maximum, elle se *multiplie*.

Chez les Êtres pluricellulaires, la multiplication est suivie de la *différenciation cellulaire*, c'est-à-dire que les éléments adoptent des formes et des propriétés spéciales.

Un groupe de cellules identiques s'appelle **tissu**.

Chaque tissu a sa fonction propre. — Tous les tissus concourent au fonctionnement normal, à l'entretien de l'organisme dont ils font partie.

ORGANISATION GÉNÉRALE DE L'HOMME

Le corps de l'Homme est une machine complexe, dont les organes *sont appelés* à fournir chacun un travail déterminé.

Or toute machine qui travaille doit être *alimentée* (en charbon, par exemple) pour produire de l'énergie; ses diverses parties s'usent et réclament une *réparation* de temps à autre. L'organisme humain, de même, doit être maintenu en bon état ; il doit être **nourri**.

L'Homme diffère de la machine, toutefois, en ce qu'il éprouve des *sensations* qui l'avertissent de l'instant où son alimentation est nécessaire, et lui permettent de régler ainsi sa nutrition ; ces sensations le contraignent à *se mouvoir* pour entrer en **relation** avec le monde extérieur et y chercher sa nourriture.

Fonctions et appareils. — Nous pouvons préciser alors les deux sortes de fonctions qui s'accomplissent chez l'Homme :

Sollicité par diverses *sensations*, celle de la faim notamment, il effectue des *mouvements*, explore le milieu qui l'entoure en vue de capturer une proie :

Sensibilité et *Mouvement* sont les **fonctions de relation.**

L'Homme *digère* l'aliment dont il s'est emparé. — En même temps, il puise dans l'air extérieur l'oxygène sans lequel il ne saurait vivre : il *respire.* — L'aliment digéré et l'oxygène pénètrent dans le sang qui *circule* autour des organes et assure leur entretien. — Chaque organe fait un choix parmi les substances que lui apporte le sang, se les *assimile* et y verse en même temps ses déchets. — Le sang est purifié de ces déchets par des glandes qui *excrètent* les matières nuisibles à l'Homme.

Digestion, *Respiration*, *Circulation*, *Assimilation*, *Excrétion* sont les **fonctions de nutrition.**

Chaque **fonction** *est accomplie par un* **appareil** *spécial*, composé lui-même d'*organes* plus ou moins nombreux.

Les fonctions et leurs appareils correspondants sont groupés dans le tableau suivant :

		Fonctions.	Appareils.
Fonctions	de nutrition	Digestion	Appareil digestif.
		Respiration	Poumons. Peau.
		Circulation	Cœur et vaisseaux.
		Assimilation	Cellule vivante.
		Excrétion	Glandes.
	de relation	Mouvement	Squelette et muscles.
		Sensibilité	Système nerveux et organes des sens.

Étudier les *appareils* qui forment notre corps, c'est en faire l'**anatomie**.

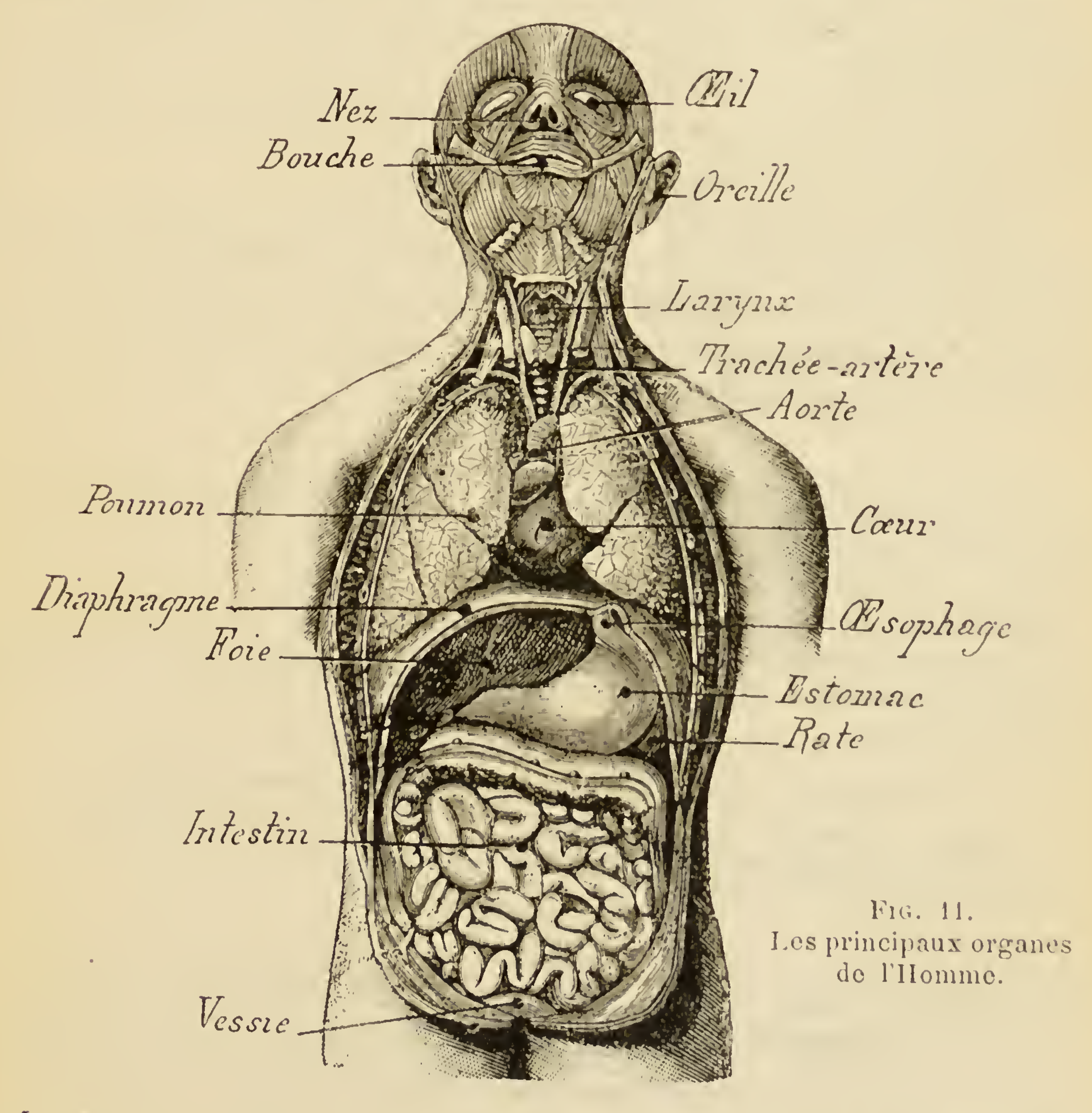


Fig. 11. Les principaux organes de l'Homme.

Étudier les *fonctions* de ces appareils, c'est en faire la **physiologie**.

Répartition générale des organes dans le corps. — Le corps de l'Homme présente trois parties essentielles :

la tête, le tronc et les membres (fig. 11).

Squelette et muscles forment la charpente de ces 3 régions.

1° La **tête** contient : les *centres nerveux* formant l'encéphale (cerveau, cervelet et bulbe), placés dans le **crâne** ; les *organes des sens* (yeux, oreilles, nez et bouche) et la première partie du *tube digestif* (bouche et pharynx), contenus dans les cavités de la **face**.

2° Le **tronc** comprend : la *moelle épinière*, centre nerveux logé dans le canal rachidien de la colonne vertébrale ; une **cavité générale** qui abrite les viscères.

Cette cavité est divisée en 2 parties par le *muscle diaphragme*, qui forme le plancher de la *cavité thoracique* et le plafond de la *cavité abdominale.*

La **cavité thoracique** renferme : le *cœur*, la *trachée-artère* et les *poumons*, l'*œsophage*.

La **cavité abdominale** contient : la dernière partie du *tube digestif* (*estomac*, *intestin* et ses glandes annexes : le *foie* et le *pancréas*), la *rate*, l'*appareil urinaire* (*reins* et *vessie*).

3° Les **membres** sont formés en majeure partie par des *os* et des *muscles* très développés.

RÉSUMÉ

Le corps de l'Homme est une machine complexe qui travaille et doit, de ce fait, être *alimentée* et *réparée*.

Deux sortes de ***fonctions*** s'y accomplissent :
les **fonctions de relation** [sensibilité et mouvement] ;
les **fonctions de nutrition** [digestion, respiration, circulation, assimilation, excrétion].

Chaque **fonction** est accomplie par un **appareil** spécial, composé lui-même d'*organes*.

RÉPARTITION GÉNÉRALE DES ORGANES DU CORPS [HOMME].

Corps.	**Tête.**	Centres nerveux (encéphale) ; Organes des sens délicats. Première partie du tube digestif.		
	Tronc.	*Cavité générale.*	*Cavité thoracique.*	Cœur. Poumons.
				Muscle diaphragme.
			Cavité abdominale.	Estomac. Intestin. Foie. Pancréas. Rate. Reins et vessie.
	Membres.			

Le squelette et les muscles forment la charpente du corps.

FONCTIONS DE NUTRITION

Les **fonctions de nutrition** ont pour but l'entretien de l'organisme avec des *aliments* puisés à l'extérieur.

Elles comprennent : la *digestion*, la *respiration*, la *circulation*, l'*assimilation*, la *sécrétion* suivie de l'*excrétion*.

I. — DIGESTION

Par la **digestion**, *l'Homme introduit dans un appareil, appelé* **tube digestif**, *des aliments solides et liquides qui y subissent les modifications propres à les rendre absorbables.*

Les parties utiles des aliments pénètrent dans le sang, qui les porte à nos organes; les parties inutiles sont rejetées au dehors (excréments).

§ 1. — ALIMENTS

L'alimentation est nécessaire. Ration alimentaire. — *L'Homme doit prendre* **régulièrement** *des aliments et* **en quantité suffisante**, sinon il meurt d'*inanition*. Il a perdu alors près de la moitié de son poids, ayant digéré une partie de ses propres organes pendant ce jeûne forcé.

Comme tout être vivant, l'Homme *grandit* pendant le *jeune âge*, acquiert un certain développement qu'il conserve dans l'*âge adulte*, dépérit dans la *vieillesse* et meurt.

La quantité d'aliment nécessaire, *par jour*, à son développement normal s'appelle **ration**.

A égalité de poids, l'Enfant qui grandit a besoin d'une ration (d'*accroissement*) supérieure à la ration (d'*entretien*) nécessaire à l'Homme adulte.

Un même ouvrier mange plus dans les jours de travail que pendant les jours de repos : sa *ration de travail* est supérieure à sa *ration d'entretien*.

Nature et composition de l'alimentation. — La nature des principes destinés à réparer notre organisme doit être identique à celle des aliments qu'il a perdus.

L'analyse chimique de nos tissus y révèle la présence de 12 corps simples, dont 6 principaux : le *carbone*, l'*hydrogène*, l'*oxygène*, l'*azote*, le *phosphore* et le *soufre*. — Le *chlore*, le

sodium, le *calcium*, le *magnésium*, le *potassium* et le *fer* sont moins abondants.

Nous devons trouver ces corps simples dans notre alimentation et proportionnellement à leur fréquence :

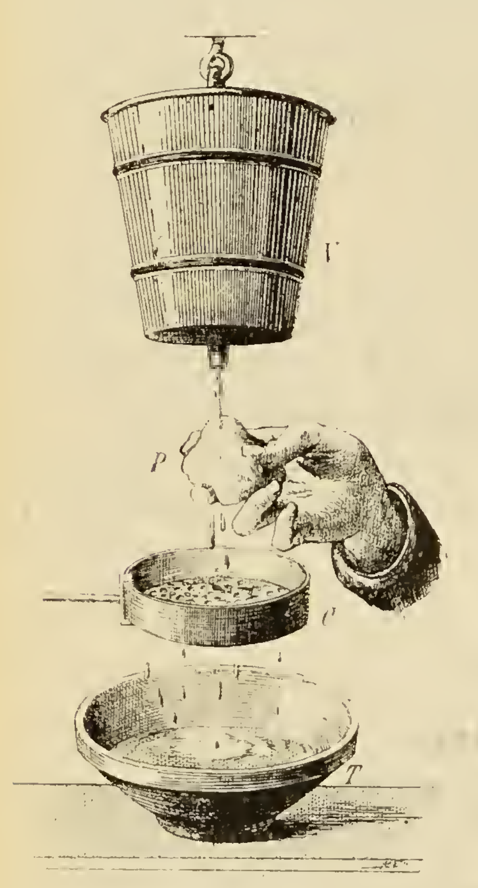


FIG. 12. — La farine est composée de gluten et d'amidon.

L'Homme adulte, ayant un poids moyen de 65 kilogrammes, perd en 24 heures : 20 grammes d'azote (Az); 300 gr. de carbone (C); 30 gr. de sels minéraux; 2 000 gr. d'eau (H^2O).

Il répare ses pertes à l'aide :

d'**aliments minéraux** (eau, sel marin, carbonates, phosphates, etc.);

d'**aliments organiques**.

Ces derniers comprennent :

1° des *sucres* (C, H, O) tels que : le glucose des fruits, le sucre de betteraves;

2° des *féculents* (C, H, O) comme la fécule de la pomme de terre, l'amidon du blé;

3° des *matières grasses* (C, H, O) telles que : la graisse, l'huile, le beurre;

4° des *matières azotées* (C, H, O, Az) telles que : l'albumine de l'œuf, la caséine du fromage, le gluten des céréales, la légumine des pois et des haricots.

La ration du soldat français répond à la répartition suivante :

	Poids relatifs.	Poids absolus.
Matières azotées	1	124 gr.
Sucres et féculents	3,48	430 —
Matières grasses	0,45	55 —

Cette ration se compose de : 1000 grammes de pain; 300 gr. de viande non désossée; 100 gr. de légumes frais; 30 gr. de légumes secs.

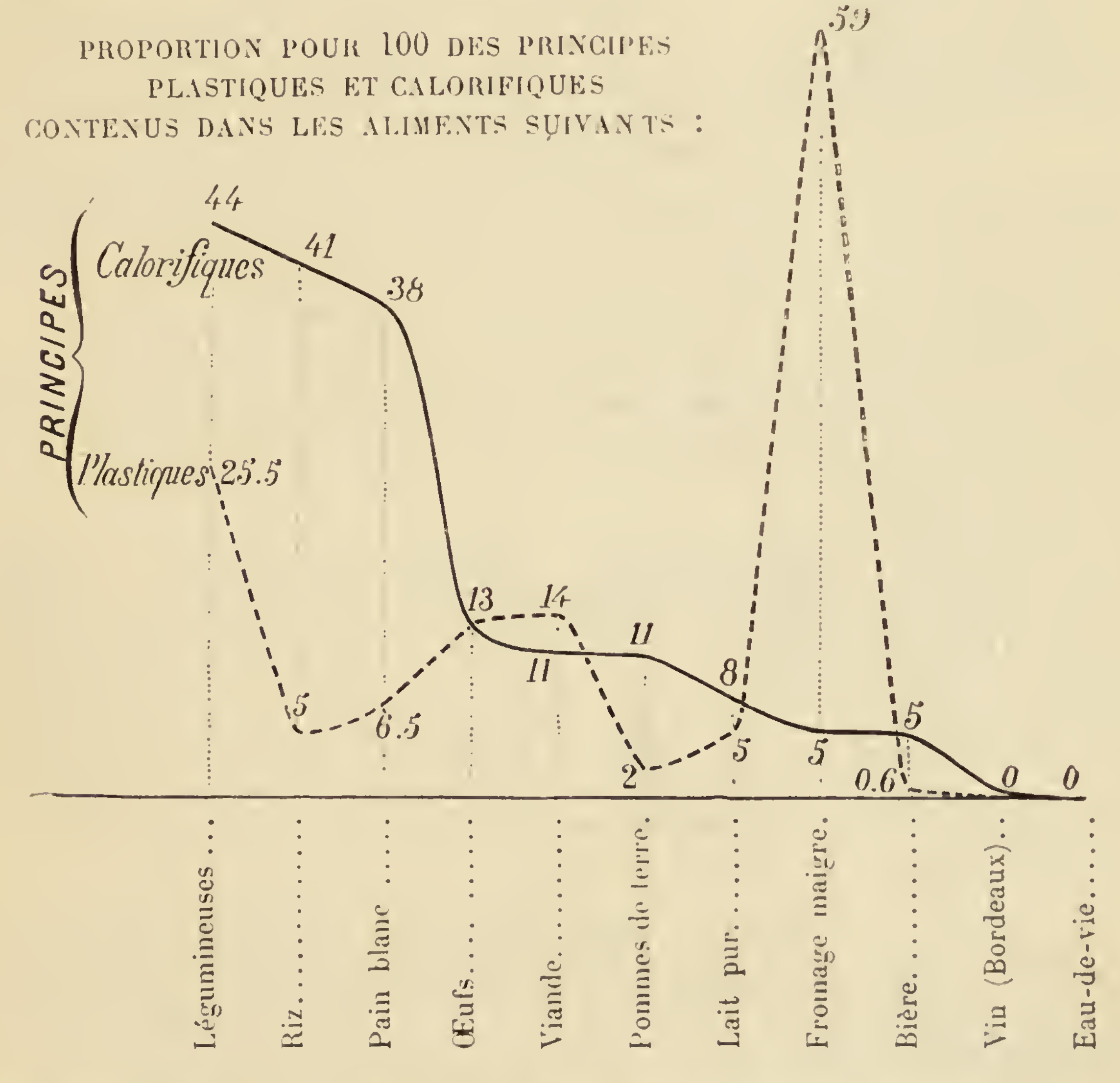
Aliments mixtes. — La plupart de nos aliments comprennent, à la fois, des matières appartenant à quelques-unes de ces catégories; ils sont *mixtes*. Ainsi le pain renferme de l'amidon (matière féculente) et du gluten (matière azotée).

Pour le prouver, on pétrit sous un filet d'eau et au-dessus d'une terrine, *T* (fig. 12), une boule de pâte de farine ; de l'eau blanche s'en écoule qui abandonne de l'*amidon* par le repos, au fond de la terrine; une matière grise, le *gluten*, reste entre les doigts.

Aliments complets. — On appelle ainsi ceux qui renferment, en proportions convenables, les diverses sortes d'aliments :
le *lait* pour l'Enfant, l'*œuf* pour l'Oiseau, sont des aliments complets.

De l'emploi des principes alimentaires par l'organisme. — Les aliments azotés sont encore appelés *aliments plastiques* ou *réparateurs*, parce qu'ils servent à reconstituer nos cellules endommagées. — Les hydrates de carbone et les graisses sont dits aliments *calorifiques* ou *thermogènes*, parce que leur combustion dans nos organes produit la chaleur nécessaire à l'accomplissement régulier de nos fonctions.

Nos aliments sont inégalement riches en ces principes plastiques et calorifiques, ainsi que le montrent les courbes suivantes déduites des recherches d'Œttli :



Principes stimulants. — Les *boissons alcooliques fermentées* (bière, vin, cidre) et *distillées* (eau-de-vie) ne sont pas des aliments réparateurs ; ce sont très faiblement des aliments thermogènes.

Elles appartiennent plutôt à la catégorie des aliments *excitants* ou *stimulants*, catégorie dans laquelle on range, avec l'alcool, le thé, le café, la kola, la coca.

Prises à *faible dose* dans une grande quantité d'eau, ces substances stimulent les combustions organiques, *sans y contribuer par leur propre transformation.* [L'alcool, le café agissent sur le système nerveux principalement ; la kola, la coca paraissent exciter le système musculaire.] Absorbées à *forte dose* (ou à *faibles doses souvent répétées*), elles produisent des troubles graves et la paralysie finale.

Les stimulants ne sont donc pas des aliments, au sens propre de ce mot.

1° *Les sucres.* — Les principaux sont : le *glucose* ou sucre de raisin ; le *saccharose*, appelé encore sucre de canne ou sucre de betterave.

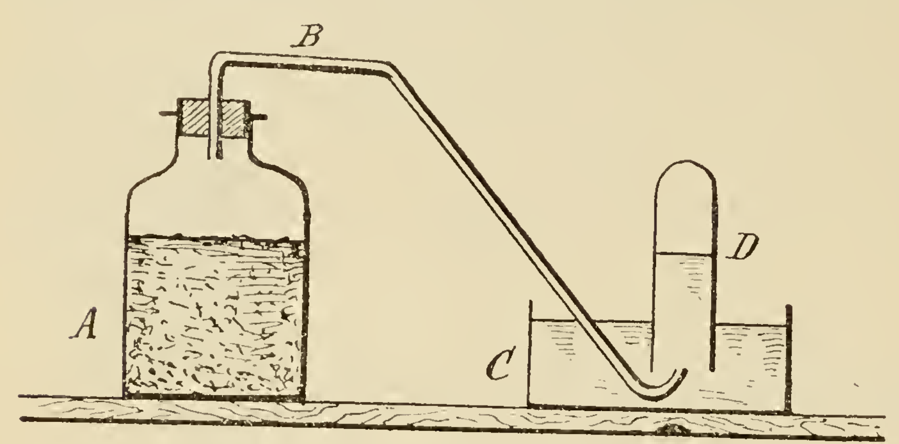


Fig. 13. — Fermentation alcoolique.

Le **glucose** est une substance blanche très soluble dans l'eau et l'alcool absolu. — *Une dissolution à 10 pour 100 de glucose, additionnée de Levure de bière*[1], *fermente directement* sous l'influence d'une *diastase* produite par cette Levure ; elle donne de l'alcool (esprit-de-vin) et du gaz carbonique qui se dégage, quand on procède dans un flacon fermé (fig. 13).

Glucose [+ diastase] = Alcool éthylique + Gaz carbonique [+ diastase].

Le **saccharose** ou sucre ordinaire est une substance blanche, très soluble dans l'eau, mais non soluble dans l'alcool absolu. — *Sa dissolution étendue ne fermente pas immédiatement par la Levure de bière ;* mais si on la fait bouillir avec 4 ou 5 gouttes d'acide chlorhydrique ou sulfurique, pendant quelques minutes, *le* **saccharose** *se transforme en* **glucose** capable de fermenter de suite.

Saccharose + Eau = Glucose.

Fig. 14. — Grains d'amidon : 1,1' ; Pomme de terre (1'' grain corrodé ; 6, grain fortement grossi montrant les zones claires et les zones ternes) 2, Sagou ; 3, Blé ; 4, Maïs ; 5, Betterave.

2° **Les féculents.** — A cette catégorie appartiennent :

l'*amidon* du Blé, la *fécule* de Pomme de terre, de *même composition chimique.*

Ces corps consistent en grains ovoïdes (fig. 14), visibles seulement au microscope qui nous les montre formés de couches superposées.

1. La *Levure de bière* (fig. 15) est un Champignon formé de cellules ovoïdes répandues dans l'air, particulièrement abondantes sur les grains des raisins au moment de leur maturité. Ces cellules se multiplient avec une rapidité énorme dans les cuves où fermentent les jus sucrés, qui se transforment en boissons alcooliques [vin, cidre, bière].

L'amidon ne se dissout pas dans l'eau : quand on agite un peu de poudre d'amidon dans l'eau et qu'on fait bouillir le liquide laiteux ainsi obtenu, il s'épaissit peu à peu, parce que les couches d'amidon se décortiquent et se gonflent, en formant l'*empois d'amidon* peu soluble dans l'eau.

L'amidon se colore en bleu par l'iode; on le vérifie en versant, dans le liquide laiteux précédent ou dans l'empois *froid*, une goutte d'une dissolution d'iode dans l'iodure de potassium : aussitôt apparaît une coloration bleue qui se propage dans tout le liquide par agitation.

[Cette coloration disparaît quand on chauffe à 70° ; elle reparaît par refroidissement.]

L'empois d'amidon ne fermente pas par la Levure de bière; mais si l'on fait bouillir, pendant 1 ou 2 heures, ce liquide acidulé par quelques gouttes d'acide sulfurique, *l'amidon se transforme peu à peu en glucose*, fermentescible et non colorable par l'iode.

Amidon + Eau = Glucose.

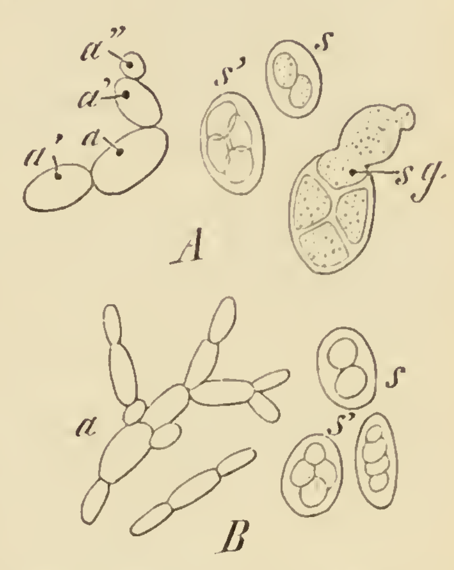


Fig. 15. — La Levure de bière. *A* ; la Levure ordinaire des vins, *B*. — *a'*, *a''*, cellules provenant du bourgeonnement de la cellule primordiale, *a*.

3° ***Les corps gras***. — On appelle ainsi : les *graisses* solides, les *beurres* plus mous et les *huiles* liquides.

Les **corps gras** sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'alcool et l'éther.

Quand on agite vigoureusement de l'huile (liquide) avec de l'eau, il y a *émulsion* de courte durée, c'est-à-dire que l'huile se partage en nombreuses et fines gouttelettes en suspension dans l'eau. — Si la même agitation a lieu avec une solution de potasse ou de soude étendue, l'*émulsion est stable*. — L'action a-t-elle lieu à la température d'ébullition? on réalise une *saponification*.

Corps gras + Soude caustique = Savon de soude + Glycérine.

Sous l'influence de l'eau surchauffée, les **corps gras** fixent de l'eau et *se dédoublent en acides gras et en glycérine*.

Corps gras + Eau = Acide gras + Glycérine.

4° ***Les matières azotées***. — Appelées encore **matières albuminoïdes**, elles comprennent principalement l'*albumine* de l'œuf, la *caséine* du fromage, la *fibrine* du sang, le *gluten* du Blé, etc.

Toutes les matières azotées ont une propriété générale : quand on les fait bouillir *avec l'acide azotique*, *ces substances* [ou *leur dissolution*] *se colorent en jaune-clair ;* la teinte devient orangée par l'addition d'un peu de potasse ou d'ammoniaque.

Toute substance albuminoïde **naturelle** *se coagule par la chaleur :* ainsi une dissolution de blanc d'œuf dans l'eau y forme des flocons blancs, lorsqu'on la porte à l'ébullition; c'est pour la même raison que l'œuf, *cuit dur*, est plein d'une masse blanche solide (albumine coagulée).

L'**albumine** forme la substance liquide et transparente de l'œuf.

La **caséine** est la matière blanche qui apparaît en *grumeaux*, lorsqu'on verse dans le lait un peu de vinaigre ou d'un autre acide.

La **fibrine** présente l'aspect de brindilles qui se forment dans le sang frais, battu énergiquement avec un petit balai au contact de l'air. [Elle apparaît quand le sang *se coagule*.]

On a vu comment le **gluten** peut être retiré de la farine (fig. 12).

Ces **substances azotées naturelles** se transforment dans certains cas (nous le verrons plus loin) en matières azotées appelées **protéoses**, *qui ne sont plus coagulables par la chaleur.*

Toutes les **matières alimentaires**, *introduites dans le* **tube digestif**, *y subissent des modifications chimiques qui les transforment en substances* **solubles** *et* **dialysables**, c'est-à-dire *capables de traverser la paroi de l'intestin pour être recueillies par le sang.*

§ 2. — TUBE DIGESTIF DE L'HOMME

Un **tube digestif** est un canal qui traverse le corps et possède deux orifices : une *bouche*, servant à l'introduction des aliments; un *anus*, par lequel sont rejetés les excréments. — Ce canal présente des poches (*estomac*), décrit des contours (*intestin*) où séjournent les aliments ; des *sucs digestifs* y sont déversés par des glandes annexes.

Les sucs digestifs sont les réactifs qui liquéfient les matières nutritives.

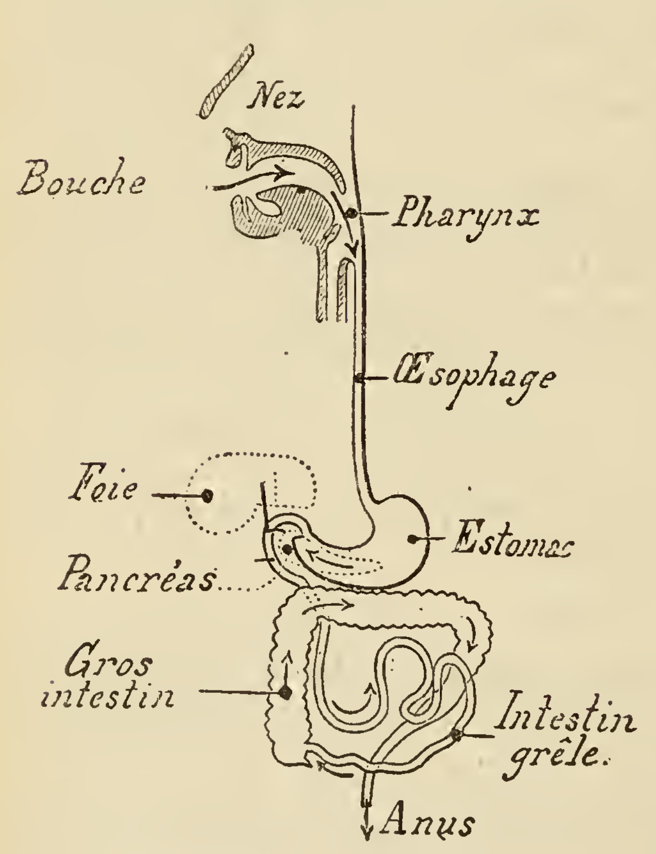


Fig. 16. — Le tube digestif de l'Homme.

Le tube digestif de l'Homme comprend :

la *bouche*, le *pharynx*, l'*œsophage*, l'*estomac*, l'*intestin grêle*, le *gros intestin* terminé par l'*anus* (fig. 16).

Bouche. — **Sa description.** — La bouche (fig. 25) est une cavité limitée : en avant, par les lèvres et les dents ; sur les côtés, par les joues ; en haut, par la voûte du palais ; en bas, par la langue ; en arrière, par le voile du palais ou luette, qui sépare incomplètement la bouche du pharynx.

Dans cette cavité s'accomplissent trois fonctions :

la **préhension** des aliments ;

la **mastication** des aliments solides, à l'aide des *dents* que portent les os maxillaires ;

l'**insalivation** de la matière broyée, par la *salive* que sécrètent les *glandes salivaires*.

Dents. — Les dents sont les corps durs que portent les mâchoires; elles y sont logées dans les *alvéoles dentaires*, cavités présentées par les 2 os maxillaires supérieurs fixes et par l'os maxillaire inférieur *mobile*.

Ce dernier a la forme d'un fer à cheval s'articulant par

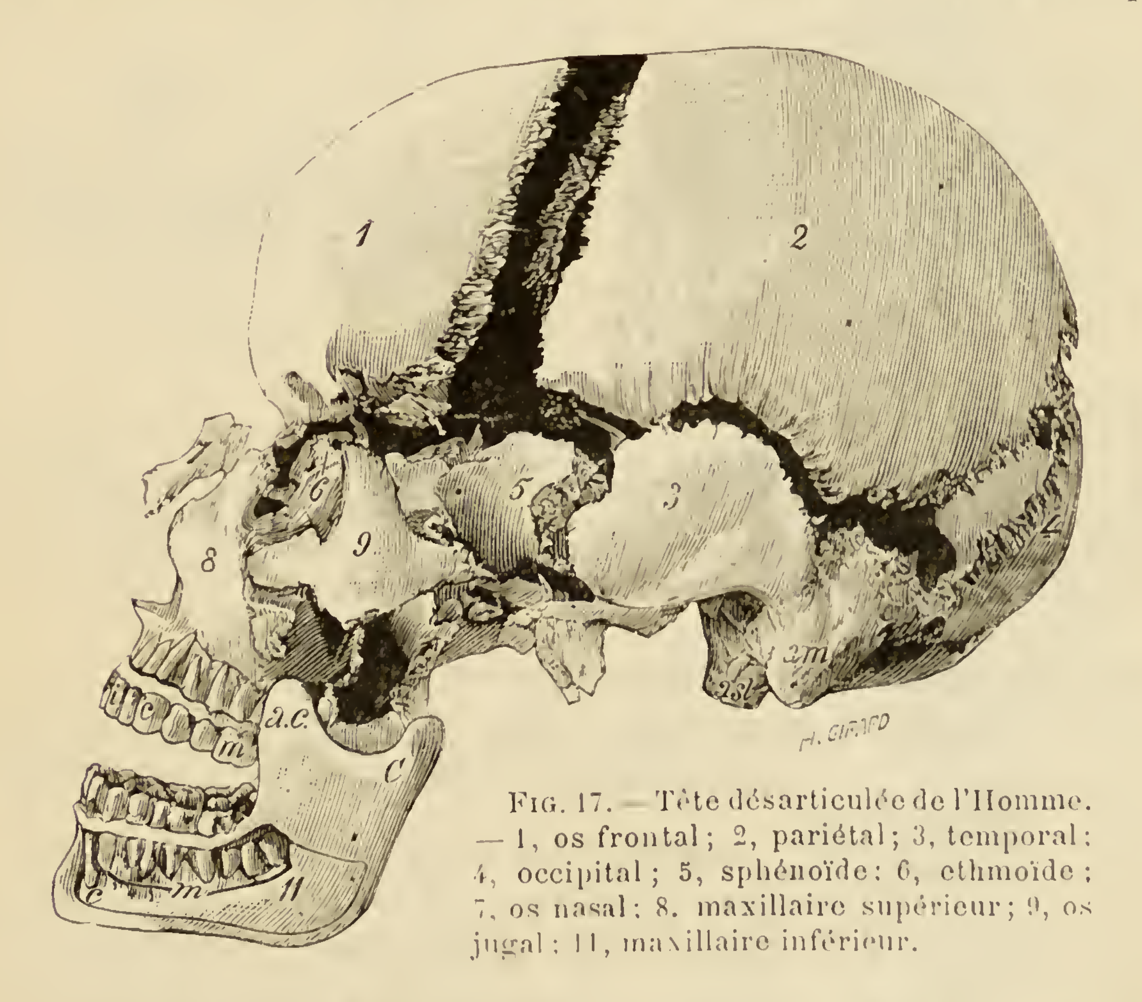


Fig. 17. — Tête désarticulée de l'Homme. — 1, os frontal; 2, pariétal; 3, temporal; 4, occipital; 5, sphénoïde; 6, ethmoïde; 7, os nasal; 8, maxillaire supérieur; 9, os jugal; 11, maxillaire inférieur.

2 surfaces arrondies appelées condyles, *C* (fig. 17), avec les os temporaux (3) situés de chaque côté de la tête.

Divers muscles font mouvoir le maxillaire inférieur.

Ce sont : 1° pour les mouvements de haut en bas, le muscle *digastrique*, *D*, *D'* (fig. 18) ;

2° pour les mouvements de bas en haut, les muscles *temporal*, *T*, et *masséter*, *M* ;

3° pour les mouvements latéraux, les muscles *ptérygoïdiens*, *Pt. i*, *Pt. ex* (fig. 19).

Constitution externe d'une dent. — Une dent (fig. 20) se compose : de la *couronne*, extérieure à la gencive ; de la *racine*, implantée dans l'alvéole ; le *collet* sépare ces deux régions.

Forme des dents. — l'Homme possède 3 sortes de dents : les *incisives*, à couronne tranchante et petite racine ;

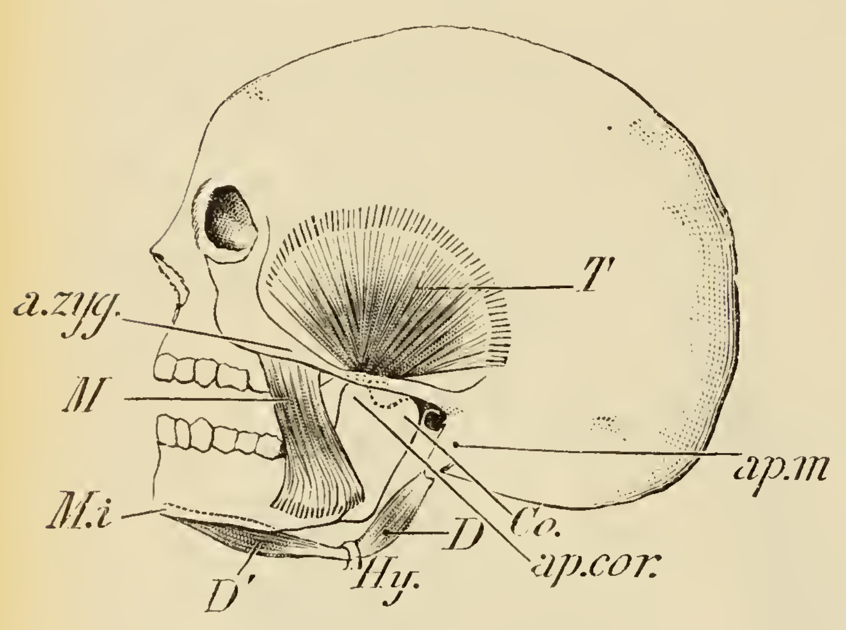


Fig. 18. — Muscles moteurs du maxillaire inférieur, *M.i.* — Muscles *releveurs : T*, muscle temporal ; *M*, muscle masséter. — Muscle *abaisseur : D,D'*, muscle digastrique ; inséré en arrière sur l'os temporal, il s'engage, par sa partie médiane, dans un anneau fibreux porté par l'os hyoïde, *Hy*, et se porte en avant vers le maxillaire inférieur.

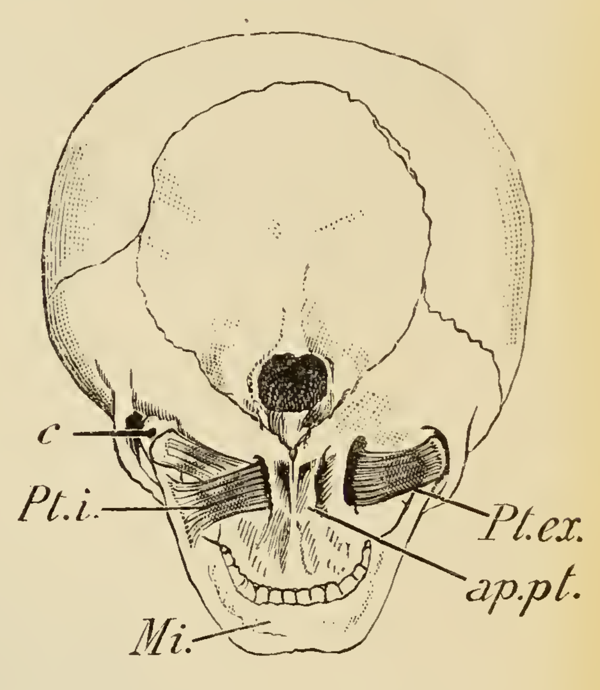


Fig. 19. — Tête vue d'arrière, pour montrer les insertions des muscles ptérygoïdiens interne et externe, sur l'os sphénoïde et sur le maxillaire inférieur.

les *canines*, à couronne conique et longue racine ;
les *molaires*, à couronne plate avec une racine simple (*prémolaires*) ou ramifiée (*grosses molaires*).

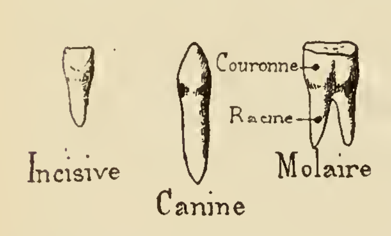


Fig. 20. — Les diverses sortes de dents chez l'Homme.

Position des dents sur les mâchoires. Formule dentaire. — Les *incisives*, placées au milieu des mâchoires, *coupent* les aliments. — Les *canines*, encadrant les incisives, *déchirent* comme le font les crocs du Chien. — Les *molaires*, placées sur les côtés, *broient* les aliments comme le feraient des meules.

Le nombre et la position des dents sur les mâchoires sont exprimés par une *formule dentaire*.

On trouve chez l'Homme, sur une demi-mâchoire, *M.s* (fig. 21 et 22), et sur la demi-mâchoire inférieure correspondante, *M.i* : 2 incisives, 1 canine et 5 molaires.

Au numérateur d'une fraction spéciale aux incisives, on écrit le nombre d'incisives de la mâchoire supérieure (2), et

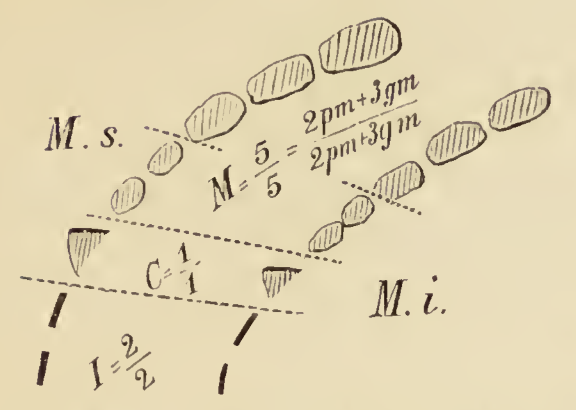


Fig. 21. — Figure schématique représentant la disposition des dents sur un demi-maxillaire supérieur, *M.s*, et sur le demi-maxillaire inférieur correspondant, *M.i.*

La formule dentaire est inscrite entre les deux séries de dents.



Fig. 22. — Une moitié de la mâchoire supérieure de l'Homme.

au dénominateur le nombre d'incisives de la mâchoire inférieure (2). On fait de même pour les canines et les molaires.

D'où la formule dentaire de l'Homme adulte :

$$I = \frac{2}{2};\ C = \frac{1}{1};\ M = \frac{5}{5} = \frac{2\ pm + 3\ gm}{2\ pm + 3\ gm}.\quad \text{Total : 32 dents.}$$

L'enfant possède une première dentition, dite *dentition de lait.*

Les *dents de lait* tombent à partir de 6 à 7 ans, poussées en dehors des gencives par les *dents de remplacement.*

La formule dentaire de l'enfant est :

$$I = \frac{2}{2};\ C = \frac{1}{1};\ M = \frac{2\ pm}{2\ pm}.\quad \text{Total : 20 dents.}$$

Une grosse molaire qui tombe n'est jamais remplacée.

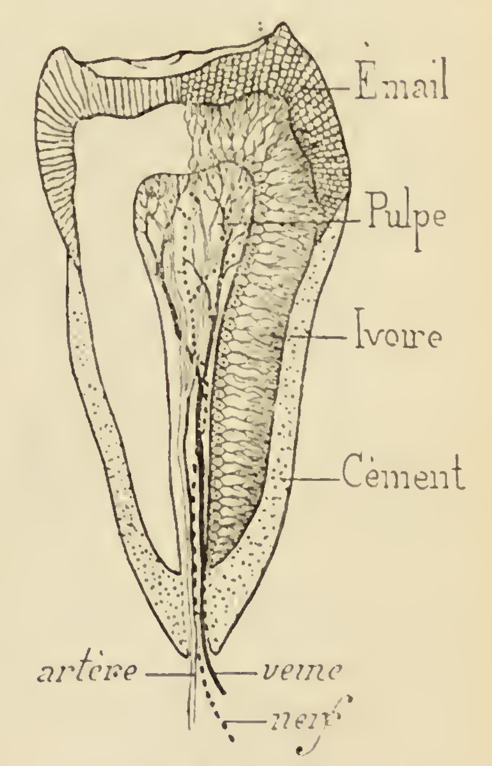


Fig. 23.
Coupe longitudinale d'une dent.

Structure d'une dent. — Une dent, coupée par le milieu, présente quatre parties (fig. 23) :

1° L'*ivoire* qui en forme la substance fondamentale dure, pénétrée de carbonate et de phosphate de calcium ;

2° l'*émail*, couche blanche et brillante qui recouvre et protège l'ivoire sur toute l'étendue de la couronne ;

3° le *cément* jaunâtre qui enveloppe la racine ;

4° la *pulpe dentaire*, partie molle occupant la cavité de

lisses qui, en se contractant, brassent les aliments; ceux-ci suivent la direction des flèches (fig. 27) : les aliments s'imprègnent alors de **suc gastrique**, sécrété par les glandes du même nom.

Glandes gastriques. — Logées dans la paroi de l'estomac, elles ont la forme de tubes simples ou ramifiés, atteignant à peine 1 ou 2 millimètres de longueur; on en compte plusieurs millions, surtout au voisinage du cardia. Elles produisent le **suc gastrique.**

5° **Intestin.** — **Sa description.** — Ce tube comprend (fig. 11 et 16) :

l'**intestin grêle**, long de 8 mètres avec un diamètre de 0m,03 ;

le **gros intestin**, long de 1m,50 avec un diamètre de 0m,10.

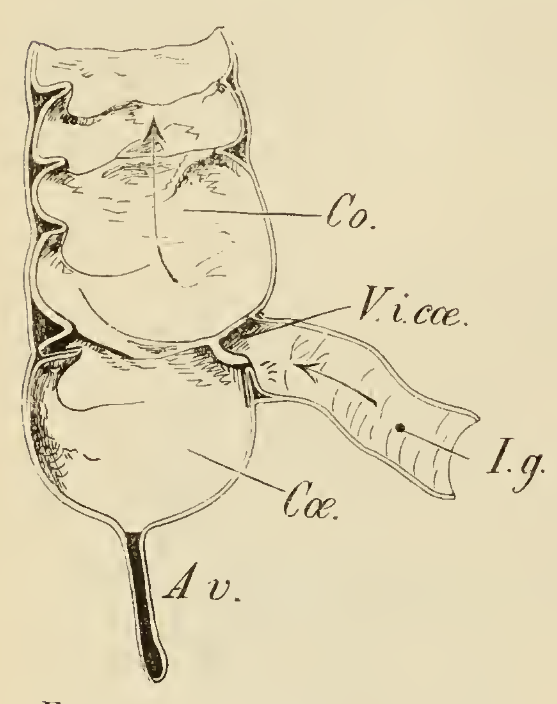


Fig. 28. — Section de l'intestin au niveau de la valvule iléo-cæcale, *V.i.cæ.* — *I.g*, intestin grêle ; *Cæ*, cæcum ; *Cô*, côlon.

L'**intestin grêle** comprend trois régions : 1° le *duodénum*, long de 0m,15, qui fait suite à l'estomac; 2° le *jéjunum*, de teinte rosée; 3° l'*iléon* verdâtre, où les aliments séjournent le plus longtemps. — Jéjunum et iléon, enroulés irrégulièrement, forment les circonvolutions de l'intestin.

Une sorte de boutonnière, appelée *valvule iléo-cæcale*, *V.i.cæ* (fig. 28), fait communiquer l'iléon, *I.g*, avec le cæcum, *Cæ*, première partie du gros intestin.

Trois régions sont comprises dans le **gros intestin** :

1° le *cæcum*, peu important chez l'Homme; 2° le *côlon*, qui encadre l'intestin grêle en haut et latéralement (fig. 11); 3° le *rectum*, terminé par l'*anus* pourvu lui-même d'un muscle sphincter.

Paroi interne et structure de l'intestin. — La surface interne de l'intestin présente de nombreux replis appelés *valvules conniventes*; valvules et sillons sont hérissés d'une multitude de *villosités intestinales* (fig. 29), petits cônes ayant au plus 1mm de haut.

Sur la paroi interne débouchent :

1° les millions d'orifices de petites glandes intestinales, *G.L* ;

2° l'orifice unique des canaux pancréatique, *c.p*, et cholédoque, *c.ch* (fig. 27), venant du pancréas et du foie.

La paroi de l'intestin renferme des fibres musculaires lisses qui, par leurs contractions, obligent le contenu de l'intestin grêle à progresser lentement vers le gros intestin, puis jusqu'à l'anus.

Des *vaisseaux sanguins*, intercalés de l'*artère aorte* à la *veine porte*, se ramifient dans la paroi et pénètrent jusque dans les villosités ; des *vaisseaux chylifères* y prennent naissance et jouent, avec les précédents, un rôle que nous étudierons plus loin.

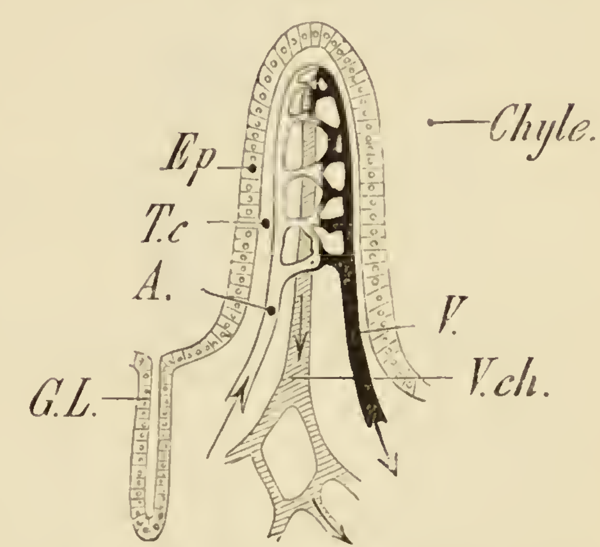


Fig. 29. — Villosité intestinale (schématique). — *Ep*, épithélium ; *G.L*, glande intestinale ; *A*, artériole ; *V*, veinule ; *V.ch*, vaisseau chylifère.

Villosités intestinales. — Vue en coupe, une villosité est recouverte d'un épithélium mince, *Ep* (fig. 29) ; dans le tissu conjonctif sous-jacent ou *chorion*, se trouve le réseau capillaire qui relie l'artériole afférente, *A* (rameau de l'artère intestinale) à la veinule efférente, *V* (rameau de la veine porte) ; un vaisseau chylifère, *V.ch*, occupe le milieu de la villosité.

Péritoine. — L'intestin est enveloppé par une vaste membrane *séreuse* appelée *péritoine*, qui permet aux replis intestinaux d'effectuer les mouvements propres à assurer la marche des aliments jusqu'à l'anus.

Une **séreuse** est un sac fermé, aplati sur lui-même, dont les deux parois (*feuillets*) sont séparées par un liquide ou *sérosité* (fig. 51) : les feuillets *f* et *f'* peuvent glisser ainsi l'un sur l'autre.

Si un organe comme l'intestin pousse devant lui le feuillet *f*, ce feuillet l'enveloppera directement et sera appelé *feuillet viscéral* ; le feuillet *f'*, formant une enveloppe externe, sera le *feuillet pariétal*, tapissant la cavité qui contient l'organe.

Glandes de l'intestin. — Les unes, contenues dans la paroi même, sont les *glandes intestinales proprement dites* ; les autres sont le *pancréas* et le *foie*, annexes de l'intestin.

Glandes intestinales. — Ce sont des glandes en tube très nombreuses, *G.L* (fig. 29), qui sécrètent le suc intestinal.

Pancréas. — C'est une grosse glande en grappe, de forme

triangulaire, en partie située derrière l'estomac (fig. 27); un canal pancréatique, *c.p*, conduit dans le duodénum le suc pancréatique qu'elle sécrète.

Foie. — Le foie est une grosse masse brune, appliquée sous le muscle diaphragme, à droite et en haut de la cavité abdominale (fig. 11). Sa face supérieure est lisse, sa face inférieure est échancrée suivant un *H*, en formant 4 lobes, divisés eux-mêmes en lobules.

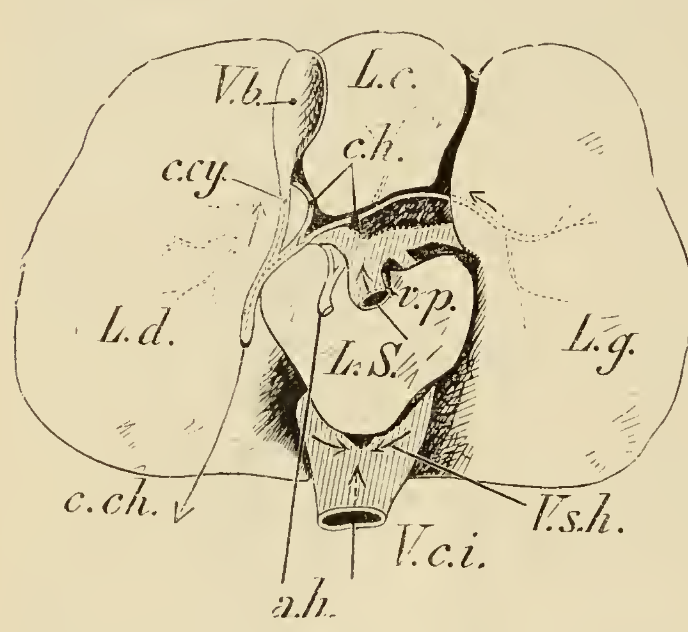


Fig. 30. — Foie (face inférieure). — *v.p*, veine porte; *a.h*, artère hépatique; *V.c.i*, veine cave inférieure recevant les veines sus-hépatiques, *V.s.h*; *c.h*, canaux hépatiques; *c.cy*, canal cystique; *V.b*, vésicule biliaire; *c.ch*, canal cholédoque.

Le *hile* est la dépression médiane du foie par où pénètrent : la *veine porte*, *v.p*, et l'*artère hépatique*, *a.h* (fig. 30); il en part le *canal cholédoque*, *c.ch*, conducteur de la bile.

En arrière du foie se trouve la *veine cave inférieure*, *V.c.i*, qui reçoit les *veines sus-hépatiques*, *V.s.h*, émergeant du foie.

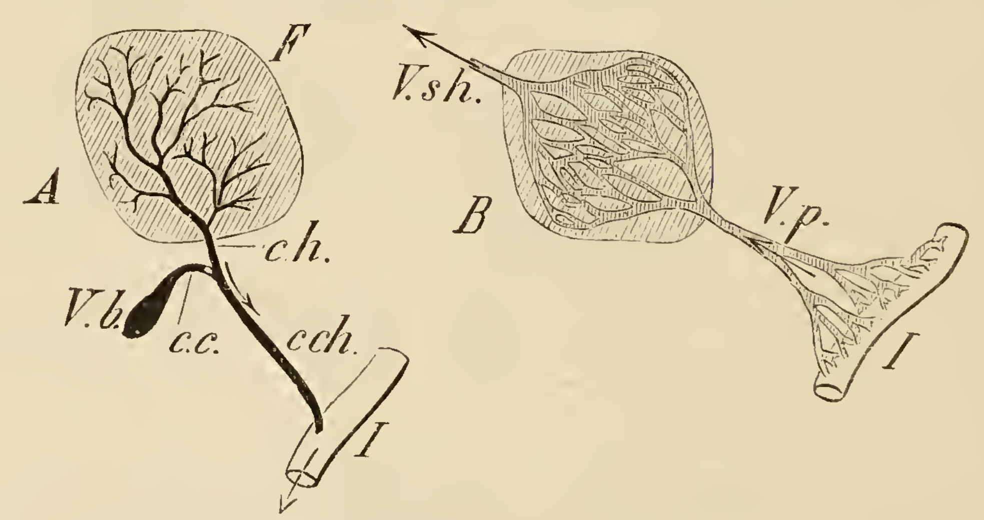


Fig. 31. — Schémas représentant : en *A*, le réseau des canaux biliaires dans le foie; en *B*, la circulation du sang dans cet organe.

En *A*, la bile amenée du foie par le canal hépatique, *c.h*, se rend : soit à la vésicule biliaire, *V.b*, par le canal cystique, *c.c*; soit à l'intestin par le canal cholédoque, *c.ch*.

En *B*, le sang partant de la paroi intestinale par la veine-porte, *V.p*, traverse le foie dans un abondant réseau de capillaires qui se réunissent en une veine sus-hépatique, *V.sh*; celle-ci aboutit à la veine cave inférieure.

Cet organe renferme 2 réseaux (fig. 31) :

un *réseau sanguin* (*B*) intercalé de la veine porte, *V.p*, aux veines sus-hépatiques, *V.s.h*;

un *réseau biliaire* (*A*) formé de canaux où se rassemble la bile sécrétée par le foie. — La bile est portée à l'intestin par le *canal cholédoque*, *c.ch*.

Les canalicules biliaires se confondent en un *canal hépatique*, *c.h*, qui communique par le *canal cystique*, *c. cy*, avec la vésicule biliaire, *V.b*; le *canal cholédoque*, *c.ch*, résulte de la fusion des deux précédents.

§ 3. — PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL DIGESTIF

1° **Les sucs digestifs. — Leur origine.** — Les glandes *salivaires*, *gastriques*, *intestinales*, le *pancréas* et le *foie*, dits **glandes digestives**, sécrètent des liquides appelés **sucs digestifs** dont chacun a une action particulière sur telle ou telle catégorie d'aliments.

Les sucs digestifs sont :

la *salive*, versée dans la bouche par les *glandes salivaires*;

le *suc gastrique*, produit des *glandes gastriques* qui perle à la surface interne de l'estomac;

le *suc intestinal*, produit des *glandes intestinales* apparaissant à la surface interne de l'intestin;

le *suc pancréatique* provenant du pancréas;

la *bile* sécrétée par le foie. — Ces deux derniers liquides sont versés au même point dans l'intestin grêle, près du pylore.

Leur composition générale. — Tous les sucs digestifs renferment de l'*eau*, des *chlorures*, des *phosphates*, des *carbonates alcalins*, en proportion variable évidemment avec chacun d'eux; ils contiennent aussi des *matières azotées*, appelées **diastases** ou **ferments solubles**, auxquelles ils doivent leurs propriétés spéciales.

Quelle que soit leur nature, *les* **diastases**, *solubles dans l'eau*, *en sont précipitées par l'alcool concentré ajouté en grand excès.* — Sans action au voisinage de 0°, elles présentent un *maximum d'activité*, *à une température voisine de* 35 *à* 40°, sur les substances qu'elles sont aptes à transformer : une élévation de température de 60 à 100° suffit à les détruire.

Une minime quantité de diastase peut transformer une proportion

considérable de la matière sur laquelle elle agit; la diastase se détruit peu à peu pendant ce travail.

Leurs propriétés spéciales [**Transformation des aliments**]. — La ***salive*** renferme la diastase appelée *ptyaline* ou *amylase*, précipitée par l'alcool qu'on ajoute à la salive fraîche et filtrée.

Ce liquide joue un *rôle mécanique* et un *rôle chimique* dans la digestion.

Son *rôle mécanique* est de maintenir humide la surface interne de la bouche (muqueuse buccale), d'aider à la trituration des aliments solides, transformés en une pâte grossière. — Cette pâte est ensuite avalée sous la forme de *bols alimentaires.*

Son *rôle chimique* est de *fixer de l'eau sur les* **matières féculentes** *cuites* (amidon, fécule) *pour les transformer en un sucre appelé* **maltose**, soluble dans l'eau et absorbable par le sang.

Amidon + Eau [+ Amylase] = Maltose [+ Amylase].

Cette *hydratation des féculents*, *due à l'action de l'amylase à la température de* 37°, commence dans la bouche et se continue dans les autres parties du tube digestif.

Le ***suc gastrique***, liquide clair et acide, renferme la diastase appelée *pepsine;* [*ce ferment apparaît* seulement *si l'aliment introduit dans l'estomac est albuminoïde*].

Le suc gastrique transforme les **matières albuminoïdes** *en* **peptones** absorbables par le sang, grâce à l'action de la pepsine en milieu acide.

Le ***suc intestinal***, liquide alcalin, renferme 2 diastases : l'une s'appelle *invertine* et l'autre *maltase.*

L'invertine fixe de l'eau sur le **saccharose** *qu'elle transforme en* **glucose** absorbable.

Saccharose + Eau [+ Invertine] = Glucose [+ Invertine].

L'autre diastase transforme le **maltose** *en* **glucose** également.

Maltose + Eau [+ Maltase] = Glucose [+ Maltase].

Le ***suc pancréatique***, liquide épais et alcalin, rapidement altérable à l'air, renferme 3 *diastases :*

l'une achève l'action de l'amylase sur les matières féculentes même non cuites [c'est l'*amylopsine*];

la seconde complète l'action de la pepsine sur les matières azotées [c'est la *trypsine* agissant en milieu alcalin];

la troisième émulsionne *et* saponifie *les* corps gras qui deviennent absorbables par le sang [c'est la *stéapsine*].

La **bile** est un liquide alcalin, jaune, qui verdit rapidement à l'air en s'altérant.

*Elle concourt à l'*émulsion des corps gras avec le suc pancréatique; *elle s'oppose, en même temps, à la putréfaction des matières contenues dans l'intestin; elle balaye les vieilles cellules de la paroi et rajeunit ainsi l'épithélium intestinal.*

Absorption intestinale. — *En résumé, dans leur trajet le long du tube digestif: les aliments féculents sont transformés en glucose; les matières albuminoïdes, en peptones; les graisses sont émulsionnées par les sucs digestifs.*

La dissolution dans l'eau du glucose, des peptones, de la glycérine et des sels minéraux, additionnée de matières grasses en suspension, constitue le *chyle* contenu dans l'intestin.

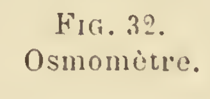


Fig. 32. Osmomètre.

Toutes les parties liquides et dialysables du chyle sont absorbées par la paroi de l'intestin, recueillies par les vaisseaux sanguins et les vaisseaux chylifères que renferment les villosités intestinales.

Les résidus, passant par la valvule iléo-cæcale dans le gros intestin, sont expulsés par l'anus (***défécation***).

Nature du phénomène de l'absorption intestinale. — Soit un vase sans fond, *V* (fig. 32), pourvu d'une membrane humide et bien tendue, *m* [vessie de porc, baudruche]. On remplit *totalement* ce vase d'une dissolution concentrée d'azotate de potassium, puis on le ferme avec un bouchon traversé par un tube de verre, de sorte que l'excès du liquide monte dans le tube au niveau *a*.

Le vase est en partie plongé dans l'eau pure d'un cristallisoir, *Cr:* au bout de quelque temps, le niveau du liquide s'est élevé de *a* en *b :* il y a eu **osmose**, c'est-à-dire passage de l'eau pure vers la dissolution, à travers la membrane et suivant la flèche *f* (*endosmose*); il y a eu aussi

passage inverse mais moins sensible, de la dissolution vers l'eau pure suivant la flèche f' (*exosmose*).

C'est là l'expérience de Dutrochet.

Le déplacement du niveau *a* vers *b* est d'autant plus rapide que la dissolution employée est plus concentrée. Si on avait mis de l'albumine (blanc d'œuf) dans le vase *V*, l'endosmose seule se serait produite, car l'albumine n'est pas *dialysable*.

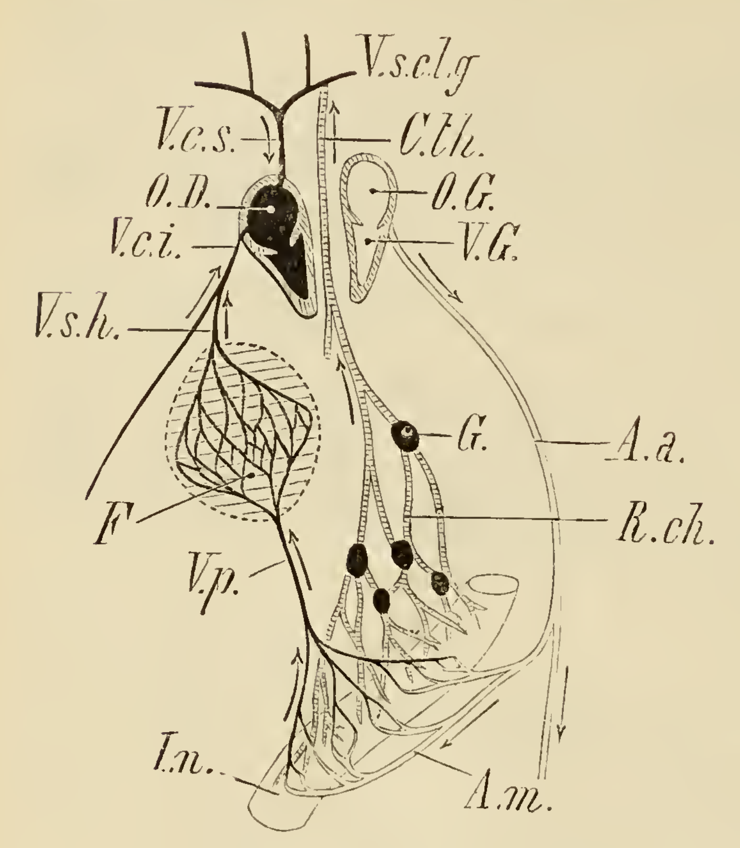


FIG. 33. — Schéma de l'absorption intestinale. — *O.G*, *V.G*, oreillette et ventricule gauches du cœur ; *O.D*, oreillette droite.

De l'artère aorte, *A.a*, se détachent des artères intestinales, *A.m*, qui irriguent la paroi de l'intestin, *In*. Le sang continue son trajet par la veine porte, *V.p*, jusqu'à la veine cave inférieure, *V.c.i*.

De l'intestin part un réseau chylifère, *R.ch*, dont le contenu est versé dans le canal thoracique, *C.th*, puis dans la veine cave supérieure, *V.c.s*.

L'absorption intestinale est une diffusion, à travers la paroi de l'intestin, des matières dialysables du chyle : glucose, peptones, sels minéraux, recueillis par les vaisseaux sanguins dont la réunion forme la veine porte, *V.p.* (fig. 33).

Toutefois les cellules vivantes de la paroi intestinale participent activement au phénomène d'absorption.

Les gouttelettes graisseuses traversent plus lentement la paroi de l'intestin ; elles sont recueillies surtout par les vaisseaux chylifères, *R.ch*.

§ 4. — SOURCES PRINCIPALES DES ALIMENTS

HYGIÈNE DE L'ALIMENTATION

Outre ses **aliments minéraux** [*eau pure*, *sel marin*], l'Homme puise ses **aliments organiques** dans la nature, de diverses manières :

par la **chasse**, il s'empare du gibier couvert de poils [*Chevreuil*, *Sanglier*, *Lièvre*, *Lapin*, etc.], — du gibier couvert de plumes [*Perdrix*, *Caille*, *Faisan*, *Bécasse*, *Poule d'eau*, *Coq de bruyère*, *Canard sauvage*, etc.] ;

par la pêche, il prend : des Poissons de mer [*Morue*, *Hareng*, *Sardine*, *Sole*, *Maquereau*, *Thon*, etc.]; des Poissons d'eau douce [*Truite*, *Perche*, *Carpe*, *Brochet*, etc.]; des Crustacés [*Homard*, *Langouste*, *Crevette*, *Crabe*; — *Écrevisse*].

L'Homme tire cependant la plus grande partie de ses matières alimentaires :

de l'**élevage** des animaux de boucherie [*Bœuf*, *Mouton*, *Chèvre*, *Porc*, *Cheval*] et des Oiseaux de basse-cour [*Coq*, *Pintade*, *Dindon*, *Canard*, *Oie*, *Pigeon*];

de la **pisciculture** [élevage des Poissons]; de l'**ostréiculture** et de la **mytiliculture** [élevage des *Huîtres* et des *Moules*];

de l'**agriculture** enfin, qui lui permet de trouver une notable partie de ses ressources chez les végétaux [*Céréales*, *légumes*, *fruits*][1].

1° **L'Eau**. — *La meilleure des boissons*, **la seule qui nous soit indispensable**, *c'est l'***eau de source** *captée dès son origine*. *Limpide*, *fraîche*, *aérée*, elle contient en dissolution des *sels minéraux* dont la proportion ne dépasse généralement pas $0^{gr},4$ à $0^{gr},5$ par litre; elle ne renferme *aucune trace de matières organiques*: c'est une **eau potable**.

En traversant les couches du sol, elle a subi une filtration presque parfaite en même temps qu'elle a dissous des sels minéraux utiles à l'organisme humain. *Recueillie dès sa sortie du sol*, elle est à l'abri de toute souillure, *de toute contamination microbienne* ou autre, qui en rendrait l'usage suspect ou dangereux.

L'*eau de puits* est impropre à notre alimentation si le puits n'est pas suffisamment éloigné du fumier ou de la fosse d'aisances, comme cela se produit trop souvent dans les campagnes.— Les cours d'eau étant le déversoir habituel de nos résidus de toute nature, on conçoit qu'au voisinage et en aval des villes plus particulièrement, l'*eau des rivières* soit éminemment suspecte; à plus forte raison, l'*eau des mares et des étangs* où vivent une foule d'animaux et de plantes, où nombre de débris sont en putréfaction.

Contamination des eaux. — L'eau d'alimentation peut être contaminée :

---

1. Pour les détails sur ces divers sujets, consulter :

L'alcoolisme, ses causes et ses conséquences, par E. Aubert et A. Lapresté;
Lectures et promenades scientifiques,
Histoire des Animaux (classe de Sixième),
Histoire des Plantes (classe de Cinquième),
par E. Aubert (Librairie André fils).

par des *Vers parasites*, organismes de dimensions notables et généralement visibles à l'œil nu [*Ténia*, *Ascaride*, *Douve* du foie, *Filaire*, etc.];

par des *Microbes*[1], petits êtres vivants visibles seulement au microscope (fig. 34).

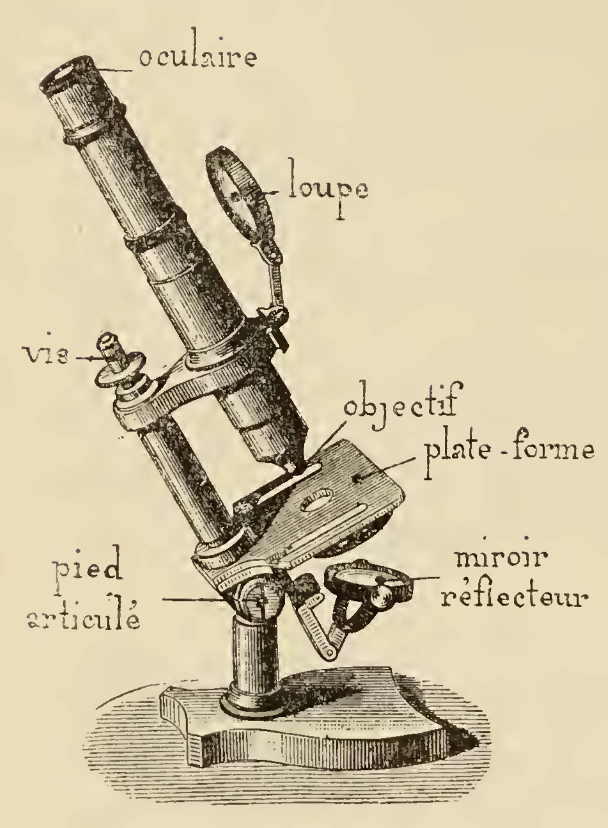


FIG. 34. — Le microscope.

Ces parasites pouvant provoquer des maladies graves, il est donc nécessaire de les éliminer de l'eau en *purifiant* celle-ci.

Purification de l'eau de boisson. — Cette purification s'opère : plus ou moins complètement par la *filtration ;*

beaucoup mieux par l'*ébullition*.

Filtration. — Les filtres sont destinés à retenir les matières et les organismes en suspension dans l'eau. — Les **filtres à charbon** retiennent bien les particules grossières, les Vers, leurs œufs et leurs larves ; mais *ils laissent passer les microbes*. — Les **filtres à porcelaine** sont meilleurs, sans être parfaits, car ils n'arrêtent pas tous les microbes.

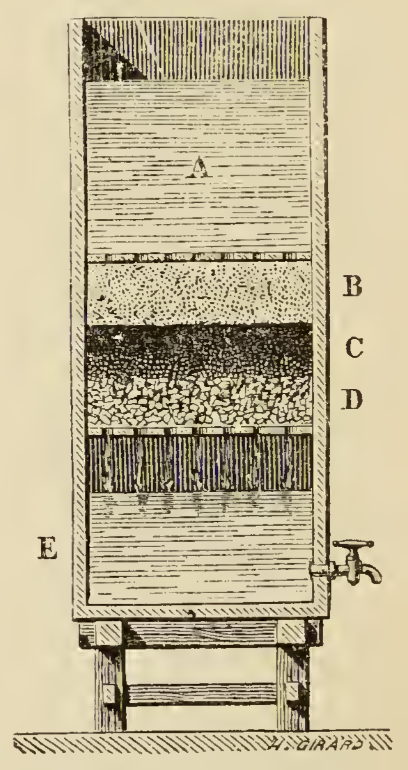


FIG. 35. — Un filtre à charbon. — A, eau à filtrer ; B, sable fin ; C, couche de charbon ou de noir animal ; D, couche de sable ; E, eau filtrée.

L'un des plus simples *filtres à charbon* consiste en une caisse à double fond, dont le fond supérieur troué supporte une ou plusieurs couches de charbon ou de noir animal, intercalées dans du sable fin (fig. 35).

Les *filtres à porcelaine* du système Pasteur [filtres Chamberland, Garros, etc.] consistent, en principe, en un tube de porcelaine poreuse, *AB* (fig. 36), à travers la paroi duquel l'eau doit filtrer. Ce tube, en forme de bougie, est mastiqué par sa partie inférieure dans un tube en verre *D*, plus large,

1. Voir le chapitre des Microbes (p. 186).

relié à la canalisation d'eau de la ville ; l'extrémité *B* de la bougie est libre et ouverte. — Quand on ouvre le robinet de la canalisation, l'*eau* arrive en *E* à la surface extérieure de la bougie et *filtre par la pression* en *A* ; elle s'écoule goutte à goutte en *B*, où on la recueille dans une carafe.

Mais les impuretés de l'eau s'accumulent à la surface de la bougie qu'on doit nettoyer tous les mois au moins : pour cela, on chauffe l'appareil à 120° dans un four de boulangerie, pendant environ un quart d'heure.

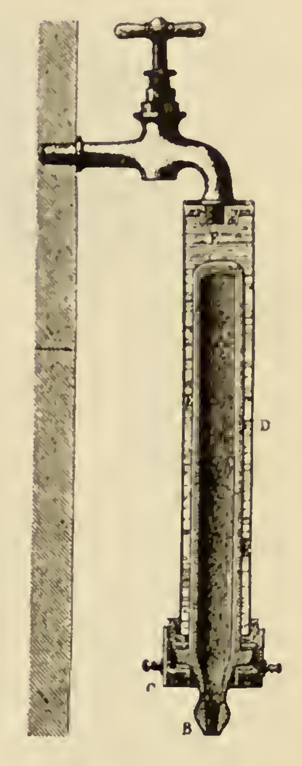


Fig. 36. — Le filtre du système Pasteur.

Ébullition. — C'est le procédé le plus pratique, peu coûteux et très efficace, qu'on doit *employer toujours en temps d'épidémie.*

On fait bouillir la même eau deux fois de suite, pendant dix minutes environ, avec un quart d'heure d'intervalle, pour tuer plus sûrement les microbes toujours à redouter.

2° **Le sel marin.** — Appelé encore *sel de cuisine* ou *chlorure de sodium*, ce corps est obtenu le plus souvent par l'évaporation de l'eau de mer, qui en renferme environ 30 grammes par litre.

Tout au bord de l'océan Atlantique et de la Méditerranée, on fait arriver l'eau de mer, avec certaines précautions, dans de larges bassins peu

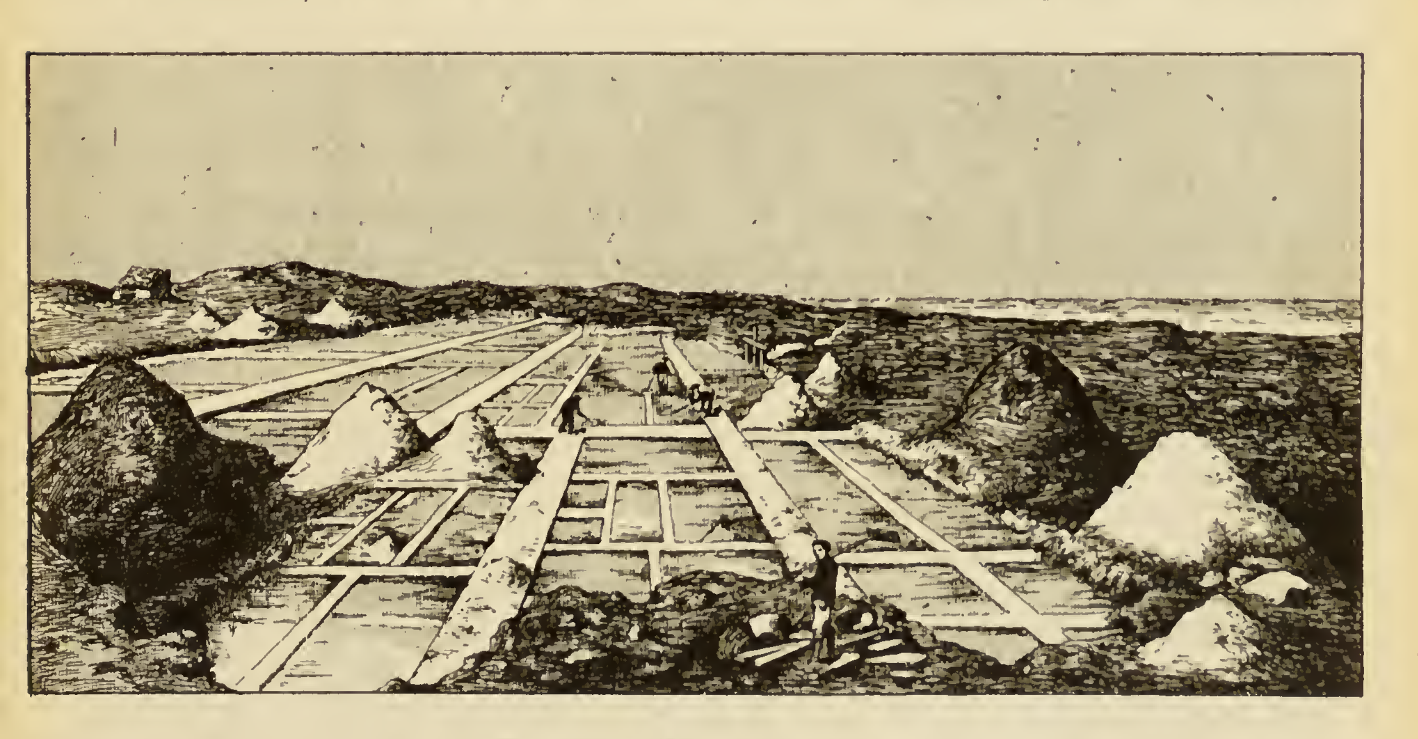


Fig. 37. — Marais salants.

profonds (fig. 37) ; elle s'y évapore et dépose des cristaux blancs cubiques, associés en trémies (fig. 38).

3° **Les animaux de boucherie.** — En raison de leur importance dans notre régime alimentaire, il convient de les envisager d'abord.

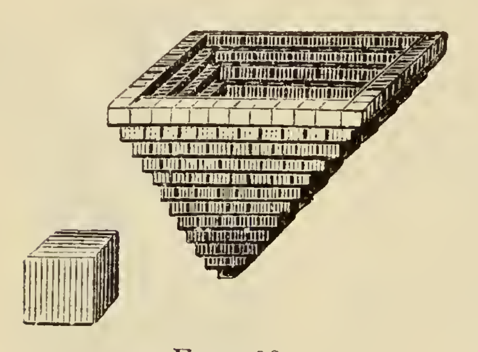


Fig. 38.
Cristaux cubiques de sel marin associés en une trémie.

Le *Bœuf*, le *Veau*, le *Mouton* et le *Porc* sont les principaux animaux que l'Homme *élève* en vue d'en manger la chair, ou d'en consommer le lait.

On peut y ajouter : la *Chèvre*, le *Cheval*, l'*Ane*, le *Mulet*, plus utiles cependant : la première pour son lait, les autres comme animaux de transport.

Le **Bœuf** est un animal de trait; mais, à partir d'un certain âge, il est mis à l'engrais et nous en mangeons la chair. — La Vache nous donne, en outre, son *lait* et les *veaux* dont le plus grand nombre servent à notre alimentation.

Le Bœuf présente de nombreuses races créées par sélection, comprenant environ 15 millions de têtes de bétail en France.

Celles qui **s'engraissent** le mieux sont : la *race* anglaise pure *de Durham*, la même race croisée avec nos *races normandes* et *du Mans*, les *races charolaise*, *nivernaise*, *choletaise*, *limousine*, *de Salers*, élevées dans nos riches pâturages de la Normandie, du Charolais, du Nivernais, du Limousin, de l'Auvergne.

Les *races normande*, *bretonne*, *flamande*, *hollandaise*, sont essentiellement **laitières**, de même que la *race bernoise*, élevée en Suisse dans les cantons de Berne et de Fribourg.

La *race rouge de Salers* abondante aux environs de Clermont-Ferrand, la *race bretonne*, sont particulièrement aptes **au travail** des champs.

Le **Mouton** nous est précieux : par sa chair, exquise chez le *mouton de prés salés* et l'*agneau ;* par son lait (lait de *brebis*) dont on fait des fromages renommés.

Les principales races **de boucherie** sont d'origine anglaise : les *races* de *Southdown*, de *Dishley* et de *New-Kent*, s'élèvent à merveille dans les prairies d'Angleterre, sous un climat humide et tempéré tout à la fois.

A l'âge de 18 mois, le dishley fournit déjà 70 kilogrammes de viande ; il peut atteindre à plus de 100 kilogrammes de chair comestible.

Les races françaises, qui comprennent plus de 24 millions de têtes de bétail, ont été perfectionnées par croisement avec les races anglaises précédentes ; elles donnent une chair excellente. Nos principales régions d'élevage sont : la Normandie, la Brie, la Beauce, le Berri, les Causses ou vastes étendues calcaires du Plateau central, les pâturages des Alpes et des Pyrénées. — L'Algérie devient un centre d'élevage fort important qui compte plus de 10 millions de Moutons.

Le Mouton nous donne aussi sa laine dont on fait des vêtements; la *race mérinos*, due à une intelligente sélection de la part des agriculteurs, est remarquable par la finesse et le développement de sa toison.

Le **Porc** est l'animal de boucherie par excellence, d'autant plus précieux au cultivateur que, nourri d'aliments de peu de valeur et des déchets de la ferme, il les transforme rapidement en viande et en graisse.

Nous mangeons sa chair, fraîche ou salée; avec sa graisse, on fait du *saindoux;* celle qui est accumulée sous la peau s'appelle *lard;* son sang entre dans la préparation du *boudin*, etc.

La France compte plus de 7 millions de Porcs, dont les plus beaux types appartiennent aux *races celtique* (de Craon), *normande* (de la vallée d'Auge) et *mancelle* (du Mans); mais on l'élève partout, même dans les pays les plus pauvres. — En Angleterre ont été créées les *races de Leicester*, *du Yorkshire*, *du Berkshire*, résultant du croisement des races indigènes avec des races d'Extrême-Orient (Chine, Cochinchine, Siam). [Les Porcs noirs du Berkshire sont énormes; ils pèsent parfois 200 kilogrammes à l'âge d'un an.]

Depuis quelques années, l'élevage du Porc a pris une prodigieuse extension aux États-Unis; il s'en trouve aujourd'hui plus de 60 millions, engraissés avec le maïs qui abonde dans certains États. La plupart de ces animaux sont envoyés à Chicago, tués, dépecés, travaillés et expédiés dans le monde entier sous forme de viande, saindoux, jambons et saucissons.

La **Chèvre** d'humeur vagabonde, bien que réduite en domesticité, ne se prête pas à l'élevage comme les espèces précédentes; aussi n'en compte-t-on guère que 1 million et demi de têtes en France.

Aimant à grimper le long des pentes escarpées, la Chèvre se rencontre surtout dans les montagnes; comme elle se contente de peu et donne néanmoins un lait nourrissant, c'est *la vache laitière du pauvre:* avec ce lait, on fait des fromages estimés.

La race de Cachemire (dans les Indes) fournit une laine longue et soyeuse dont on fait des tissus.

Le **Cheval** est surtout employé comme animal de trait et comme coursier.

La viande de Cheval est consommée depuis peu en France, considérée avec répugnance et bien à tort par quelques personnes encore.

Il en est de même de l'**Ane** et du **Mulet**. — Avec la chair de l'Ane, on fait à Lyon d'excellents saucissons.

Lait, beurre et fromage. — 1° *Le lait.* — Le lait se compose *d'eau* tenant : en suspension de petits *globules gras;* en

dissolution une matière albuminoïde, du *sucre de lait* et divers *sels*.

Abandonnons *au repos le lait aussitôt tiré*, en un *endroit frais* comme une cave; au bout de quelques heures, les globules gras plus légers seront rassemblés en haut, formant la *crème*.

Enlevons la crème et mettons le lait qui reste dans un endroit chaud; à la longue, il s'y forme des grumeaux blancs; on dit alors que le lait a caillé; il s'est *coagulé*. — Le *caillé* est de la *caséine* mise en liberté par l'acidité du lait : en effet, des microbes *contenus dans l'air* se sont multipliés rapidement dans le lait; ils ont transformé le sucre de lait en *acide lactique* qui a précipité la caséine. La preuve en est fournie par l'expérience : on ajoute un peu de vinaigre à du lait écrémé, de suite apparaissent les grumeaux blancs.

Du lait acide peut ne pas se coaguler; mis à bouillir, *il tourne* aussitôt.

Le lait bu par un jeune Veau se coagule dans son dernier estomac appelé *caillette*. On prépare, avec la caillette de veau, de la *présure*, liquide qui fait coaguler en très peu de temps le lait frais.

Le liquide qui reste après avoir retiré les grumeaux blancs de caséine s'appelle *petit-lait;* il renferme encore un peu de sucre et beaucoup d'eau.

2° ***Le beurre***. — Battons dans une *baratte* la crème recueillie à la surface du lait; les globules gras se soudent entre eux et forment le **beurre**.

Cette matière grasse, lavée abondamment à l'eau pure et bien essorée, est mise en pains qu'on livre au commerce.

3° ***Le fromage***. — On appelle **fromage gras** celui qu'on obtient par la coagulation du lait tout entier, à l'aide de la présure; le **fromage maigre** est celui que donne la coagulation du lait écrémé.

Le caillé est égoutté dans un moule, percé d'ouvertures par où s'échappe le petit-lait; il est ensuite salé et abandonné sur des claies : c'est le *fromage blanc*, le *fromage frais* si délicieux.

Pour avoir un *fromage fait*, il faut l'abandonner dans une cave ayant une température convenable; il se couvre bientôt de champignons et de microbes variés; il acquiert alors de la qualité.

La production du lait atteint, en France, environ 90 millions d'hectolitres par an, avec une valeur de 1200 millions de francs; celle du fromage est de 130 millions de kilogrammes, valant environ 120 millions de francs.

C'est dans toute la région qui borde l'Océan et la Manche, depuis l'embouchure de la Loire jusqu'à la Belgique, que la production du lait, du beurre et du fromage, est la plus élevée [beurre d'Isigny, de Gournay ; — fromage de Camembert, de Livarot, de Pont-l'Évêque, de Neufchâtel, de Gervais, etc.]; toutefois la production française est loin d'être négligeable en Touraine, dans le Plateau central, les Vosges et les Alpes [fromages de Rassay, d'Auvergne, de Gruyère ; — fromage de Roquefort, en Aveyron, fait avec du lait de brebis, etc.].

La Hollande, la Suisse, l'Angleterre et l'Italie sont les autres pays d'Europe où la fabrication des fromages est importante.

4° **Les Volailles**. — Le *Coq* et la *Poule*, le *Faisan*, la *Pintade*, le *Dindon*, le *Canard*, l'*Oie* et le *Pigeon* sont nos principaux Oiseaux de basse-cour.

Le **Coq** et la **Poule** sont d'un grand rapport par leur chair délicate et par leurs œufs.

Les nombreuses races de Coqs qui peuplent nos basses-cours (Crèvecœur, de Houdan, de la Flèche, du Mans, de la Bresse, etc.), rapportent à l'agriculture française plus de 340 millions de francs par an ; depuis l'application relativement récente du procédé de l'*incubation artificielle des œufs* en France, les bénéfices dus à l'élevage des volailles se sont notablement élevés. C'est dans toute la région du Nord, la Brie, la Beauce, la Normandie et la Touraine que le rendement est le plus grand.

Ces remarques sont applicables d'ailleurs à tous les Oiseaux de basse-cour.

5° **Le gibier.** — Le gibier à poils [*Lièvre* et *Lapin de garenne* principalement, *Cerf*, *Chevreuil*, etc.] et le gibier à plumes [*Perdrix*, *Caille*, *Faisan*, *Bécasse*, *Alouette*, *Grive*, etc.] deviennent de plus en plus rares en France. Pour cette raison, l'élevage du Lapin domestique et de la volaille a pris une extension remarquable.

Dans les forêts se chassent le *Cerf*, le *Chevreuil*, le *Sanglier*, le *Faisan*, etc.; dans les plaines se rencontrent *Lièvres*, *Perdrix*, *Cailles*, *Alouettes*, *Grives*, etc. ; dans les régions humides, au voisinage des lacs et des étangs, vivent la *Poule d'eau*, le *Râle*, le *Canard sauvage*, l'*Outarde*, le *Pluvier*, le *Vanneau*, etc. ; le *Coq de Bruyère*, la *Gelinotte*, ont une prédilection marquée pour les régions montagneuses.

6° **Les Poissons.** — Les Poissons de mer entrent pour une plus large part dans notre alimentation que les Poissons d'eau douce [130 millions de kilogrammes des premiers contre 20 millions de kilogrammes des seconds].

Poissons d'eau douce. — La pêche fluviale n'est plus florissante en France. — Le Poisson est détruit par les déchets des industries diverses (les produits chimiques notamment) qui empoisonnent les eaux douces ; il est troublé par l'agitation des eaux et le bruit qui résultent du passage fréquent des bateaux à vapeur ; enfin la pêche n'est pas suffisamment réglementée.

Outre les Poissons sédentaires [*Brochet*, *Carpe*, *Goujon*, *Gardon*, *Perche*, *Tanche*, *Lotte*, *Brème*, *Truite*, etc.], on pêche dans les cours d'eau des espèces migratrices qui, de la mer, viennent y pondre leurs œufs [*Saumon*, *Alose*, *Sole*, *Plie*].

Poissons marins. — Sur nos côtes, la pêche des Poissons marins est moins active dans la Méditerranée que dans l'Océan et la Manche, où les pêcheurs font preuve de plus d'endurance et de courage.

La **Sardine**, dont les bancs abordent les côtes de France de mai à octobre, est recueillie principalement au large de Douarnenez, Concarneau, Quiberon, Belle-Isle et les Sables-d'Olonne dans l'Océan, sur les côtes du Roussillon dans la Méditerranée.

Le **Hareng** fréquente les côtes de la Manche d'octobre à décembre ; Boulogne, Dieppe, Fécamp, Saint-Valery arment en vue de la pêche de cette espèce.

Le **Maquereau** est l'objet d'une poursuite active, du printemps à l'automne, sur les côtes de la Manche et de l'Océan jusqu'à Rochefort.

Le **Thon** et l'**Anchois** se pêchent surtout dans la Méditerranée.

Nos espèces sédentaires marines sont : le *Rouget*, la *Dorade*, le *Merlan*, la *Sole*, le *Turbot*, la *Limande*, la *Raie*, etc.

La **Morue** est l'objet d'une pêche importante, mais pleine de dangers, à Terre-Neuve et en Islande principalement. Dunkerque et plusieurs ports de la Bretagne font des armements considérables à cet effet.

La pêche est très active sur toutes les côtes septentrionales des mers d'Europe qui sont fort poissonneuses; le poisson est la principale ressource alimentaire des peuplades des régions froides qui doivent probablement leur force, leur énergie, à cette chair substantielle et éminemment phosphorée.

Les côtes d'Algérie et de Tunisie sont également très poissonneuses. — En Algérie, le nombre des pêcheurs est considérable. [Le produit de la pêche y est évalué à environ 50 millions de francs par an.]

Pisciculture. — Le dépeuplement des cours d'eau et des mers a provoqué de la part des savants, en Europe et en Amérique, des tentatives propres à l'enrayer ; elles consistent :

à élever de petits Poissons (*alevins*) appartenant aux espèces capables de prospérer dans tels cours d'eau ou sur telles côtes dont les conditions biologiques sont connues [**pisciculture**] ;

à recueillir des œufs de Poissons, à en assurer la fécondation et à en surveiller le développement, dans des bassins et des rivières appropriés [**piscifacture**].

Ces essais, couronnés d'un plein succès, ont mis en honneur la pisciculture dans tous les pays côtiers d'Europe, aux États-Unis, au Canada.

[En Chine et en Annam, la pisciculture est pratiquée de temps immémorial : les Chinois ont découvert maints secrets inconnus de nous, ont créé des variétés à chair excellente nourries dans des viviers spéciaux où croissent des plantes choisies, où sont introduits des aliments particuliers.]

Les principaux établissements sont : à Flödevig en Norvège, à Dunbar en Écosse, à Plymouth en Angleterre, à Comacchio en Italie ; en France, Concarneau et Saint-Waast sont dotés d'établissements de pisciculture trop restreints.

Et cependant nos 157 000 kilomètres de cours d'eau, nos 130 000 hectares d'étangs et de lacs (pour ne parler que de la pisciculture en eau douce) devraient renfermer du poisson en telle abondance que le pauvre y serait assuré d'une ressource alimentaire toujours à sa portée.

7e **Les Crustacés et les Mollusques.** — L'*Écrevisse* (d'eau douce), le *Homard*, la *Langouste*, la *Crevette*, le *Crabe* (marins), parmi les Crustacés ;

la *Moule*, l'*Huître*, la *coquille Saint-Jacques*, la *Palourde*, le *Vignot*, l'*Escargot*, la *Seiche*, etc., parmi les Mollusques : telles sont les principales espèces de Crustacés et de Mollusques qui entrent également dans l'alimentation de l'Homme.

L'appauvrissement en Écrevisses de nos clairs ruisseaux si riches autrefois, la diminution de rendement de la pêche en mer, ont déterminé également des essais d'élevage pour le Homard et la Langouste, pour la Moule (*mytiliculture*) et pour l'Huître (*ostréiculture*).

Mytiliculture et ostréiculture. — La *mytiliculture* se pratique sur les plages vaseuses de l'océan Atlantique, aux environs de la Rochelle notamment.

Dans la vase, sont enfoncés de longs pieux disposés en allées régulières appelées *bouchots*. Les plus avancés dans la mer sont séparés les uns des autres ; les jeunes Moules s'y fixent ; les pieux les plus voisins de la côte sont reliés par des branchages, de manière à former des claies couvertes par l'eau de mer à la marée haute. On y amène définitivement les Moules qui atteignent, au bout de 2 ans, la taille voulue pour la consommation. — Les pêcheurs vont alors les recueillir à marée basse, à l'aide d'un bateau à fond plat appelé *acon*, dans lequel ils se tiennent à genou sur une jambe, l'autre pendante au dehors ; la jambe libre sert de rame au pêcheur qui fait glisser sa pirogue sur la vase.

L'**ostréiculture** se pratique, en France, à Cancale, Concarneau, Lorient, les Sables-d'Olonne, Marennes, la Tremblade, Arcachon, Saint-Jean-de-Luz, Toulon, etc.

Une Huître pond jusqu'à deux millions d'œufs par an, du 15 juin au 15 août. Les œufs éclosent dans le manteau de l'animal, donnent des embryons nageurs et vagabonds pourvus d'une coquille à 2 valves égales ; ces embryons s'habituent peu à peu à nager tout au voisinage de leur mère, puis se dispersent dans l'eau en formant le *naissain*. On dispose, dans le voisinage des bancs d'Huîtres, des fagots ou *fascines*, des tuiles creuses recouvertes d'un enduit calcaire peu adhérent ; le naissain s'y fixe [sinon la plupart des jeunes sont voués à une mort certaine].

Lorsqu'elles ont acquis une taille convenable, les jeunes Huîtres sont mises à engraisser dans des *parcs*, bassins recouverts à marée haute par l'eau de mer qui y apporte une grande quantité de nourriture.

8° **Les aliments d'origine végétale.** — Ce sont principalement : les **féculents**, les **légumes** et les **fruits**, ainsi que les produits qui en dérivent.

Les **Céréales** fournissent à l'Homme des substances alimentaires variées, où l'amidon et le glucose figurent pour une proportion très notable [57 à 59 °/₀ pour la farine de Blé et de Seigle, 77 °/₀ pour la farine de Riz] ; les matières azotées y sont plus

faiblement représentées que dans les aliments d'origine animale [9 à 14 % pour le Seigle et le Blé, 6 % pour le Riz].

Avec la farine extraite des grains, on fabrique du pain, du biscuit, des pâtes alimentaires.

Le **Blé** est la plus importante des céréales; sa farine est la plus nourissante de toutes. — Il pousse fort bien dans les terres fortes et riches : celles du Nord, de la Brie et de la Beauce, en particulier. La Normandie, l'Anjou, la Bretagne, la Provence, etc., sont aussi des pays de production.

Avec sa farine on fait le pain ; les grains de blé dur riche en gluten, passés au four puis broyés, donnent la *semoule*.

Le **Seigle** est cultivé dans les terres légères et pauvres des montagnes; il résiste mieux que le Blé aux rudes climats.

La farine de Seigle donne un pain moins nourrissant que celle de Blé, mais qui se dessèche moins vite. — Le pain de *méteil* est obtenu avec 2/3 de farine de Blé et 1/3 de farine de Seigle.

Le **Maïs** est cultivé pour son grain dans le midi de la France seulement, car il ne mûrit que dans les pays chauds. — Avec la farine de Maïs, on fait une sorte de pain appelé *gaude*, difficile à digérer.

Le **Riz** ne se cultive pas en France, mais dans nos colonies équatoriales où se trouve un sol marécageux [l'Indo-Chine, par exemple] et aussi en Italie.

Le Riz est très substantiel, d'une digestion facile quand il est bien cuit.

La **Pomme de terre** mérite une mention spéciale à côté des céréales, en raison de la place prépondérante qu'elle tient dans notre alimentation ; elle est pauvre en matières azotées, mais elle contient beaucoup de fécule. On la cultive partout en France.

La Russie, l'Égypte, la Hongrie, les États-Unis, le Canada, etc., suppléent à l'insuffisance de notre récolte en céréales, bien qu'elle atteigne cependant un chiffre important. [L'étendue cultivée en blé est de 7 millions d'hectares en France, avec une production moyenne de 100 millions d'hectolitres ; l'étendue cultivée en pommes de terre est de 1 500 000 hectares, avec une production dépassant 12 millions de tonnes].

Les **Légumes**, cultivés dans tout pays civilisé, sont l'objet d'une attention spéciale des paysans, surtout aux environs des grandes villes.

Autour de Paris est une ceinture prodigieuse de jardins où croissent les légumes les plus variés, mais cependant en quantité insuffisante. — Alger.

Perpignan, Bordeaux expédient à la capitale *pois* et *haricots* comme primeurs ; du Nord viennent les *navets ;* les *choux* affluent de toutes les régions ; les *choux-fleurs* de Bretagne et d'Anjou sont fort appréciés. — Paris est tributaire : d'Alger, du Midi, de la Bretagne et de l'Anjou pour les *artichauts ;* d'Argenteuil, de Laon, de Soissons, d'Orléans, etc., pour les *asperges*.

Les *champignons* proviennent de nos prairies, de nos bois et aussi des champignonnières artificielles créées aux environs de Paris, de Loches, etc. — La *truffe* se récolte surtout dans le Périgord, en certains points de la Bourgogne et de la Champagne, en Vaucluse, dans les Basses-Alpes, en Algérie, etc.

Les **Fruits** proviennent aujourd'hui, pour la plupart, de plantes cultivées en vue d'en augmenter le rendement, de bonifier la qualité matérielle des fruits. d'en accroître le volume, etc.

La France est un des pays qui produisent le plus de fruits, à cause de son climat tempéré. — On y récolte :

la *pêche* dans le Midi et le Centre, à Montreuil principalement aux environs de Paris. — l'*abricot* surtout dans la Limagne, le Lot-et-Garonne, Vaucluse et Seine-et-Oise ; — la *prune* dans la région d'Anjou, la Touraine, les environs de Paris, la Champagne, la Lorraine ; — la *cerise* dans le Centre et l'Est ; — la *poire* et la *pomme* dans les provinces de l'Ouest et du Nord ; la *figue*, l'*amande* dans le Midi ; — la *noix ;* — la *châtaigne* dans les pays montagneux, l'Ardèche, le Dauphiné, l'Auvergne, etc.

La *fraise*, cultivée beaucoup aux environs de Paris, vient abondamment aussi dans tous les pays où le climat est doux (Anjou, Bretagne, Bordelais, Provence, etc.).

Le *raisin* est le fruit de la Vigne, qui est cultivée sur une étendue considérable en France [1 700 000 hectares avec un rendement moyen de 25 000 000 d'hectolitres]. Mais si le raisin de table est fort apprécié (chasselas, muscat, frankenthal, etc.), la plus grande partie du raisin sert à la fabrication du *vin*, comme une notable portion de la récolte de pommes et de poires sert à préparer le *cidre* et le *poiré :* **boissons alcooliques** que nous étudierons plus loin [p. 45].

La valeur nutritive et la digestibilité des aliments. — Les aliments sont *plus ou moins nourrissants* et *plus ou moins faciles à digérer*.

Parmi les **aliments d'origine animale** : le lait et les œufs frais sont parfaits ; — la viande de boucherie, *convenablement cuite*, est plus digestive que les gibiers et la viande de Cheval ; — les Oiseaux à chair blanche (Poulet, Dindon) sont préférables à ceux dont la chair est noire (Canard, Pintade, gibier à plumes, cependant plus nourrissants) ; — les Poissons à chair grasse (Anguille) ou jaune (Saumon) sont plus difficiles à digérer que les Poissons à chair blanche (Sole, Turbot, Merlan) ; — l'Écrevisse, le Homard, sont indigestes ; — l'Huître, la Moule sont plus légers que l'Escargot.

Les **aliments d'origine végétale** sont moins riches que les précédents en matières azotées, mais plus riches en sucres et en féculents. — Les haricots, pois et lentilles, sont légers à condition qu'on en supprime l'enveloppe indigeste ; l'asperge, le chou et autres légumes herbacés, nécessitent une cuisson complète avant d'être consommés. — Les fruits sont nourrissants par leurs sucres et leurs sels minéraux ; il est préférable pourtant de les manger cuits (compotes, confitures).

La stérilisation et la conservation des aliments. — La préparation culinaire des aliments a pour but : 1° de leur *communiquer un parfum agréable* qui en facilite la digestion ; 2° de *tuer les parasites* qui peuvent s'y trouver.

Parmi ces ***parasites***, signalons principalement : le ***Ténia*** et

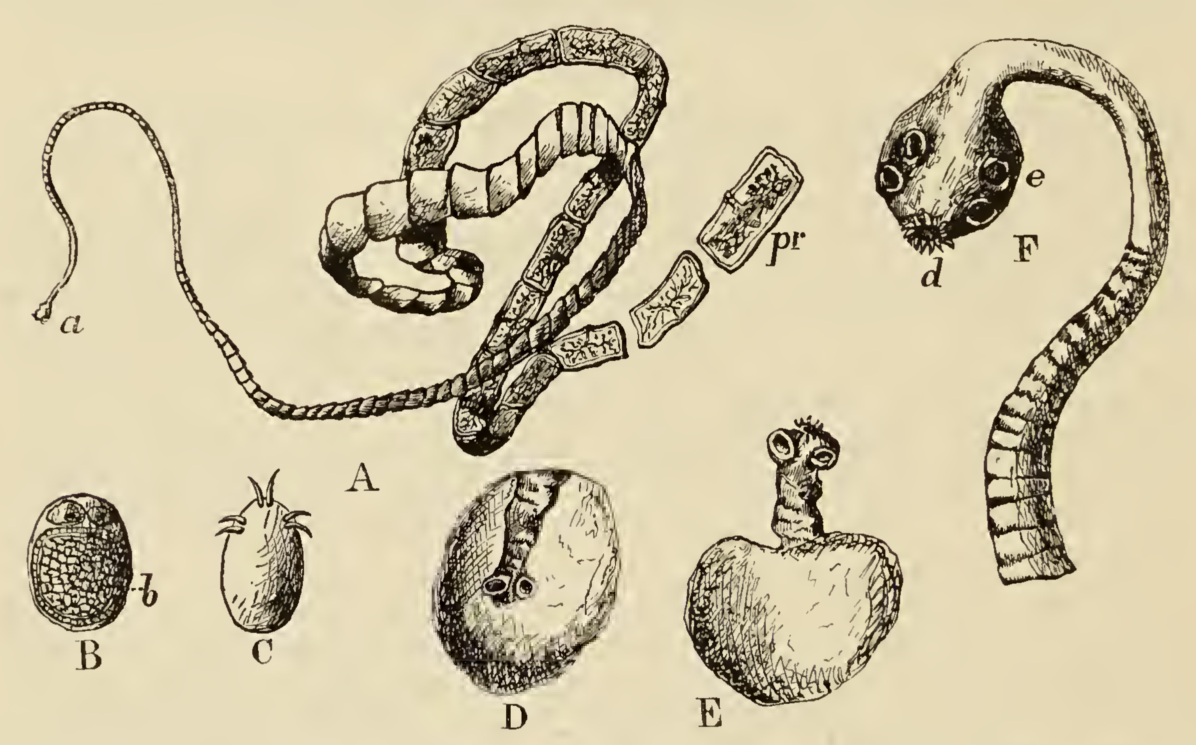


Fig. 39. — Le Ténia de l'Homme. — A ; *a*, tête et ses nombreux anneaux ; *pr*, proglottis ou anneau détaché rempli d'œufs. — B, œuf renfermant l'embryon, *b*. — C, *embryon hexacanthe* sorti de l'œuf. — D, *cysticerque*, avec la tête invaginée. — E, Le même avec la tête sortie de la vésicule. — F, *scolex* : *d*, tête ; *e*, ventouses (début du Ténia dont les anneaux sont en formation).

la ***Trichine***, dans la viande de bœuf et de porc ; divers ***Microbes*** tels que ceux de la *tuberculose*, de la *fièvre typhoïde*, du *choléra*, etc., qui peuvent nous être communiqués par la *chair* et le *lait des vaches tuberculeuses*, par *l'eau* et d'autres substances alimentaires.

Le **Ténia** est un Ver long de 2 à 3 mètres (fig. 39), très large à une extrémité, étroit du côté qu'on appelle la tête. Celle-ci, *a*, porte deux rangées de crochets engagés comme des hameçons dans la paroi de l'intestin : en

1. Voir E. Aubert, **Histoire des Animaux** [classe de Sixième], p. 297 et 298.

arrière de la tête se forment constamment de petits anneaux qui grossissent. Ces anneaux se détachent, pleins d'œufs en partie éclos, à l'autre extrémité du corps.

Si les excréments humains renfermant des œufs de Ténia sont jetés sur le fumier (comme cela a lieu souvent dans les campagnes) et si un Porc les avale (ce qui est assez fréquent), la chair du Porc va être envahie par les *embryons hexacanthes* provenant des *œufs;* ces embryons s'y enkystent en formant des *cysticerques;* on dit alors que **le Porc est ladre.**

Cette chair est capable de communiquer le Ténia à l'Homme qui en mangera, s'il n'a pas pris la précaution de la faire bien cuire. En effet, les sucs digestifs de l'Homme résorbent la vésicule de chaque cysticerque, et mettent en liberté autant de têtes de Ténias nouveaux qui peuvent se fixer à la paroi intestinale.



Fig. 40. La Trichine.

La **Trichine** (fig. 40) est un Ver long de 3 à 4 millimètres, qui habite parfois, à l'état de *larve*, les muscles du Porc : la larve y est *enkystée.* Elle demeurera ainsi jusqu'à ce que la chair du Porc soit mangée par l'Homme.

L'Homme digère, par son suc gastrique, les kystes protecteurs des larves. Ces dernières, rendues libres, passent rapidement à l'état adulte, et pondent une multitude d'œufs dans l'intestin de leur hôte. Les œufs donnent naissance à des larves nouvelles, capables de traverser la paroi intestinale et d'envahir les vaisseaux sanguins : le sang les dissémine alors dans toute l'étendue des muscles de l'Homme où elles s'enkystent en les altérant.

Si quelques Trichines seulement se fixent de la sorte, les douleurs éprouvées par le malade sont passagères. — Si les parasites sont très nombreux, la maladie qu'ils occasionnent est parfois mortelle.

La chair du Porc doit encore être bien cuite, pour cette autre raison.

Les **Microbes**, ainsi que l'indique leur nom, sont des êtres infiniment petits, répandus partout dans la nature : dans les eaux impures, dans l'air et les substances alimentaires [1].

Tuer les parasites dans les aliments, c'est en pratiquer la **stérilisation.**

S'opposer au développement des parasites dans les aliments, c'est en assurer la **conservation.**

La stérilisation. — Nous savons déjà comment on stérilise l'eau *par filtration*, ou mieux par *double ébullition* [p. 33].

Les **viandes** sont stérilisées par la cuisson : *complètement* dans les viandes bouillies et les ragoûts ; *incomplètement* dans les viandes rôties, qui ne sont cuites qu'à la surface.

Combien d'animaux de boucherie *sont tuberculeux* sans que nous nous en doutions !

1. Voir le chapitre spécial des Microbes, (p. 186).

Une mesure sanitaire générale s'impose à ce propos : *soumettre tout bétail, qui va être abattu, à l'examen d'un vétérinaire* qui peut facilement aujourd'hui reconnaître si l'animal est sain ou contaminé.

Le **lait** peut provenir de vaches tuberculeuses ; aussi, pour plus de sûreté, convient-il de ne le boire qu'après l'avoir fait bouillir.

A la surface des **fruits** et des **légumes**, il y a toujours de la poussière et des microbes ; légumes et fruits consommés *crus* doivent être lavés à grande eau pure. [*En temps d'épidémie surtout, il faut les faire cuire.*]

La conservation des aliments. — *Certaines matières sont naturellement dangereuses pour l'alimentation* [tels sont les champignons vénéneux], *ou bien elles le deviennent au bout d'un temps plus ou moins long* [telles sont les viandes putréfiées]. — On désigne sous le nom d'**intoxication** les accidents, parfois mortels, qui résultent de leur usage.

Les **Champignons** ne doivent être consommés que si l'on sait distinguer les espèces comestibles des espèces vénéneuses. Tous les caractères *soi-disant infaillibles*, préconisés par de parfaits ignorants, sont illusoires.

L'absence d'un anneau, la couleur rouge ou verte et la viscosité du Champignon, son suc laiteux, sa propriété de changer de couleur quand on l'entame, son odeur fétide, sa saveur amère, âcre, acide ou salée, l'absence de limaces ou autres animaux dans ses tissus, sa propriété de noircir une pièce d'argent, etc., *ces caractères réputés applicables aux seuls Champignons vénéneux* [les caractères opposés étant réputés ceux de Champignons inoffensifs] *sont* **insuffisants** *et* **sans valeur aucune**.

La **chair des animaux morts** se charge peu à peu de poisons appelés *ptomaïnes* dont l'injection, dans le sang d'un chien par exemple, provoque la fièvre, des frissons, des vomissements, etc., chez l'animal en expérience.

On comprend ainsi pourquoi *les viandes gâtées, le gibier trop faisandé, le poisson corrompu, les œufs et légumes altérés*, etc., *mettent en danger la vie de ceux qui les consomment.*

Le *botulisme* est une indisposition fréquemment observée, en Allemagne, chez les personnes qui mangent de la charcuterie mal préparée (jambons mal fumés, saucisses fumées et mangées crues).

La **conservation des aliments** est donc une question d'importance capitale.

De nombreux procédés sont employés pour l'assurer : *cuisson*, *réfrigération*, *salaison*, *fumage*, etc.

Le meilleur de tous est le *procédé Appert*. — Il consiste :

1° à enfermer les *conserves alimentaires* dans une boîte bien close, pour y empêcher l'accès des microbes et de l'air ;

2° à tuer tous les microbes préexistants, en chauffant la boîte à 120°.

La *congélation* est un procédé opposé : on maintient, dans ce cas, la viande à — 10° et l'on peut transporter jusqu'en Europe les animaux abattus en Amérique ; mais cette viande, ramenée à la température ordinaire, se corrompt très vite.

Parfois on *sale* les viandes avec beaucoup de sel marin, additionné d'un peu de sel de nitre qui conserve à la viande son aspect (bœuf, porc, morue).

On les *fume* (jambon, hareng, divers poissons).

On les enveloppe de *graisse* fondue (porc, oie) ou d'*huile* (sardine, anchois).

§ 5. — LES BOISSONS RÉPUTÉES ALIMENTAIRES ET L'ALCOOLISME

L'eau pure **seule** *nous est indispensable comme boisson ;* ses effets sur notre organisme sont de beaucoup préférables à ceux des **boissons alcooliques**, breuvages préparés avec des liquides sucrés, additionnés ou non d'essences extraites de végétaux divers.

Tout liquide sucré fermente sous l'action de la Levure de bière, *s'enrichit en alcool* et perd sa saveur primitive [p. 16].

Boissons alcooliques. — Les boissons alcooliques sont de trois sortes :

les *boissons fermentées* (vin, cidre et bière) ;

les *boissons distillées*, appelées encore eaux-de-vie ;

les *liqueurs* (absinthe, vermouth, bitter, amers, chartreuse, etc.).

I. Les **boissons fermentées**, ainsi que leur nom l'indique, sont dues à la *fermentation* du jus sucré que fournissent : le raisin dans le cas du *vin*, la pomme dans le cas du *cidre*, le malt d'orge germé dans le cas de la *bière*.

II. Les **boissons distillées** ou **eaux-de-vie** sont obtenues en distillant dans un alambic le vin, le cidre, le marc de raisin, les prunes, etc.

III. Les **liqueurs** sont des boissons distillées, additionnées d'*essences aromatiques* fournies par divers végétaux comme l'absinthe, l'anis, la menthe, la mélisse, la reine-des-prés, etc.

Les alcools sont des poisons. — Quelle que soit l'origine d'un alcool, c'est une *substance toxique*.

Sa **toxicité** dépend de *sa nature*, de *la quantité ingérée*, des *impuretés* qu'il renferme.

Les expériences réalisées sur divers animaux (Chien, Lapin, Cobaye, etc.), ont montré : que *l'alcool éthylique* [*alcool de vin*] *est le moins toxique de tous les alcools ;* qu'il est moins dangereux que les essences végétales et les impuretés renfermées dans les liqueurs et certaines boissons distillées.

Valeur comparative des boissons alcooliques. — De tous les liquides alcooliques, *le* **vin**, *le* **cidre** *et la* **bière** **seuls** *peuvent être bus sans danger*, *à la condition d'être pris* **modérément** *et pendant les repas*.

Leur usage se justifie plus par l'habitude que nous avons de les consommer que par leur *valeur nutritive* qui *est à peu près nulle* (p. 15); encore convient-il de n'admettre que les *vins naturels*, et non les vins fabriqués coupés d'eau le plus souvent impure, ou bien additionnés d'alcools plus toxiques que l'alcool éthylique.

Les **eaux-de-vie** *et les* **liqueurs** *doivent être absolument exclues de notre régime alimentaire*, car leur usage habituel a généralement des conséquences déplorables pour notre santé.

Effets résultant de l'usage des liquides alcooliques. — La **consommation modérée** du vin, du cidre ou de la bière, stimule notre système nerveux, augmente l'activité de nos organes et favorise jusqu'à un certain point la digestion.

Les effets de l'**usage immodéré** de ces mêmes breuvages, ou de l'**usage habituel** des liqueurs fortes, sont déplorables, par contre :

Notre *système nerveux* est atteint le premier et règle mal toutes les fonctions de notre corps : [*l'Homme ivre, l'alcoolique, n'a plus sa lucidité d'esprit et se tient à peine debout* (fig. 41)] ; nos organes sont envahis par la graisse ; le *cœur* bat un peu plus faiblement ; les *artères* deviennent plus fragiles et causent, en se rompant parfois, la mort subite fréquente chez les alcooliques ; la paroi interne de l'*estomac* se congestionne et rend les digestions plus difficiles ; le *foie* grossit, devient douloureux à la pression, s'altère profondément dans sa constitution, ainsi que les *reins*.



Fig. 41. Un Homme ivre.

La jaunisse, l'albuminurie, etc., sont les conséquences de ces altérations.

*Voilà quelques-uns des tristes résultats de l'*ALCOOLISME.

Les plus graves accidents, causés par l'abus des **liqueurs fortes** *et de l'***absinthe**, *sont les suivants :*

Le buveur est pris de tremblements, de vertiges, d'hallucinations qui troublent son esprit (fig. 42) ; sous l'empire de visions étranges, d'affreux cauchemars, il *s'affole*, *tue inconsciemment autour de lui*, n'épargne ni sa femme, ni ses enfants ; parfois il tombe sans connaissance dans une *attaque d'épilepsie*, les dents serrées, la bouche écumante ; un jour, *il mourra* sans doute dans une pareille attaque.



Fig. 42. — Un alcoolique en proie à des hallucinations.

Effets de l'alcoolisme au point de vue social. — Si l'alcoolique, si l'absinthique sont coupables vis-à-vis d'eux-mêmes, *ils sont plus coupables encore à l'égard de leurs enfants et de la société.*

Au point de vue familial, les enfants *d'alcooliques* contractent facilement les maladies contagieuses comme la tuberculose ; souvent ils sont rachitiques, idiots, mal conformés ;

parfois ils sont les victimes de l'horrible attaque d'épilepsie.

Au point de vue social, les statistiques officielles des divers pays nous apprennent que :

la *mortalité* par tuberculose, pneumonie, choléra, fièvre typhoïde, etc., est plus élevée chez les alcooliques que chez les individus abstinents ou qui boivent peu ;

les *cas de folie* et *de suicide*, la *criminalité*, sont plus accentués chez les alcooliques.

A Munich, sur 100 cas de mort, la tuberculose figure pour 43,2 chez les garçons de café et pour 49,4 chez les servantes de brasserie.

En Prusse, la mortalité par pneumonie, en 1878-79, a été de 53 p. 100 chez les alcooliques et de 13 p. 100 chez les abstinents.

A Glascow, la mortalité causée par le choléra a été de 90,8 p. 100 chez les alcooliques et de 19,2 p. 100 chez les abstinents.

Aux États-Unis, la criminalité est supérieure de plus du double dans les États où la vente de l'alcool est libre, que dans ceux où elle est prohibée.

L'Homme a donc le devoir de réprouver et de combattre l'alcoolisme avec la dernière énergie, d'enrayer le fléau qui envahit la société et précipite ainsi sa déchéance.

RÉSUMÉ

Les **aliments** *subissent*, dans un appareil appelé **tube digestif**, *les modifications propres à les rendre liquides et absorbables par le sang.*

I. **Alimentation.** — Tout être vivant doit prendre *régulièrement* des aliments et *en quantité suffisante* (**ration**).

Les aliments comprennent :

des **aliments minéraux** (eau, sel marin, phosphate et carbonate de calcium, etc.).

des **aliments organiques** qui sont : 1° des *matières azotées* ou *albuminoïdes* (albumine, myosine, fibrine, caséine, etc.); 2° des *sucres* (glucose, saccharose); 3° des *matières féculentes* (amidon, fécule); 4° des *matières grasses* (graisses, huiles, beurre).

L'alimentation doit être *mixte*, c'est-à-dire qu'elle doit renfermer les diverses sortes d'aliments qui précèdent.

Alimentation
- Elle est *nécessaire* : Un animal privé de nourriture meurt d'*inanition*.
- Elle doit être *suffisante*, comme
  - quantité : *Ration.*
  - composition chimique.
    - *Matières azotées*......... 1.
    - *Sucres et féculents*...... 3.48
    - *Matières grasses*........ 0.45
    - Sels minéraux.

II. **Tube digestif** (Homme). — Il comprend : la *bouche*, le *pharynx*, l'*œsophage*, l'*estomac*, l'*intestin grêle*, le *gros intestin* terminé par l'anus.

En dépendent comme glandes annexes :
les *glandes salivaires* pour la bouche,
les *glandes gastriques* pour l'estomac,
les *glandes intestinales*, le *pancréas* et le *foie* pour l'intestin.

1° **Bouche**. — Cavité où s'opèrent : la ***préhension*** des aliments, leur ***mastication*** par les dents et leur ***insalivation***.

Dents. — Une dent comprend : la *couronne* et la *racine*, séparées par le *collet*.

Il en existe 3 sortes : les *incisives* pour couper, les *canines* pour déchirer, les *molaires* pour broyer les aliments.

Formule dentaire de l'Homme : $I = \frac{2}{2} \quad C = \frac{1}{1} \quad M = \frac{5}{5} = \frac{2\,pm + 3\,gm}{2\,pm + 3\,gm}$.

Une dent est formée surtout d'*ivoire*, protégé par l'*émail* sur la couronne et par le *cément* qui enveloppe la racine ; la *pulpe dentaire* occupe le centre de l'ivoire ; elle renferme les vaisseaux sanguins nourriciers et les nerfs.

Glandes salivaires. — Glandes en grappe (parotides, sous-maxillaires, sublinguales) qui sécrètent la *salive*.

La *salive* renferme un ferment soluble (*ptyaline* ou *amylase*) qui *transforme les aliments féculents en maltose*.

2° **Pharynx**. — Carrefour où s'accomplit la ***déglutition*** des aliments.

3° **Œsophage**. — Canal à paroi moyenne musculeuse, facilitant l'accès des aliments à l'estomac ; il traverse le muscle diaphragme.

4° **Estomac**. — Poche communiquant avec l'œsophage par le *cardia*, avec l'intestin grêle par le *pylore*. Sa paroi musculeuse est formée de fibres lisses, dont la contraction détermine le brassage de la matière alimentaire et son imprégnation par le *suc gastrique*.

Glandes gastriques. — Petites glandes en tube ramifié, situées dans la paroi de l'estomac ; elles sécrètent le suc gastrique.

Le *suc gastrique* renferme un ferment soluble (*pepsine*) qui *transforme les aliments azotés en peptones solubles et absorbables*.

5° **Intestin**. — Il comprend :

l'**intestin grêle** avec ses 3 régions (duodénum, jéjunum, iléon) ;

le **gros intestin** avec ses 3 régions (cæcum, côlon, rectum).
Il est soutenu par le *péritoine* dans la cavité abdominale.

La paroi de l'intestin renferme des fibres musculaires lisses, dont la contraction assure la progression de la bouillie alimentaire.

Sa surface interne est hérissée de plis (*valvules conniventes*) et de petits cônes (*villosités intestinales*). Dans les villosités se trouvent des vaisseaux capillaires sanguins qui se confondent en la veine porte, et des vaisseaux chylifères.

Dans l'intestin, la matière alimentaire est soumise à l'action du *suc intestinal* sécrété par les glandes intestinales, du *suc pancréatique* produit par le pancréas et de la *bile* sécrétée par le foie.

Glandes intestinales. — Nombreuses glandes en tube simple, situées dans la paroi de l'intestin.

Le *suc intestinal* qu'elles sécrètent renferme des ferments solubles (*invertine* et *maltase*) qui *transforment le saccharose* et *le maltose en glucose*.

Pancréas. — Longue glande en grappe, sécrétant le suc pancréatique déversé dans le duodénum.

Le *suc pancréatique* renferme 3 ferments solubles ; *il transforme les féculents en maltose, les albuminoïdes en peptones ; il émulsionne les graisses.*

Foie. — Grosse glande brune, divisée en 4 lobes par l'H hépatique ; les lobes sont composés de lobules.

Chaque *lobule* du foie est irrigué par un **réseau sanguin** auquel accède le sang par les rameaux de l'*artère hépatique* et de la *veine porte ;* le sang en part au moyen d'un rameau de la veine *sus-hépatique*.

Des canaux biliaires naissent dans toutes les parties du foie; ils se réunissent en un *canal hépatique* qui forme, avec le *canal cystique* de la *vésicule biliaire*, le *canal cholédoque* s'ouvrant dans le duodénum.

La *bile*, produite par le foie, *émulsionne les graisses* avec le concours du suc pancréatique.

Absorption intestinale. — Le chyle contenu dans l'intestin renferme, comme substances absorbables : du *glucose*, des *peptones*, des *graisses émulsionnées* et des *sels minéraux*.

Ces matières sont absorbées par **osmose** à travers l'épithélium intestinal, par les ramifications de la veine porte efférente et par les vaisseaux chylifères.

Défécation. — Les matières inutiles de l'alimentation et les débris de la paroi du tube digestif sont rejetés au dehors (excréments).

L'APPAREIL DIGESTIF CHEZ L'HOMME

RÉGIONS	PRINCIPALES GLANDES	FONCTIONS
Bouche............	Glandes salivaires.......	Préhension, mastication et insalivation.............
Pharynx............	....	Déglutition...............
Œsophage..........	....	....
Estomac............	Glandes gastriques......	Chymification............
Intestin grêle........	Pancréas, Foie et	Chylification et
Gros intestin.........	Glandes intestinales.....	Absorption intestinale....
Anus...............	....	Défécation...............

I. ***Bouche.*** — 1° **Préhension** des aliments.

2° **Mastication** due { à la *mobilité* du maxillaire inférieur ; à l'action des *dents* portées par les maxillaires

Dents.

Constitution : *Couronne*, *Collet*, *Racine*.

Forme....... { *Incisives* servant à *couper* les aliments. *Canines* — *déchirer* — *Molaires* — *broyer* —

Structure.... { *Émail :* protège la couronne. *Ivoire :* Partie fondamentale de la dent. *Pulpe dentaire :* nourrit la dent. *Cément :* protège la racine.

Distribution.. { Formule dentaire de l'adulte :

$$I = \frac{2}{2};\ C = \frac{1}{1};\ M = \frac{2\ \text{pm} + 3\ \text{gm}}{2\ \text{pm} + 3\ \text{gm}}.$$

Formule dentaire de l'enfant (*dentition de lait*) :

$$I = \frac{2}{2};\ C = \frac{1}{1};\ M = \frac{2\ \text{pm}}{2\ \text{pm}}.$$

3° **Insalivation** à l'aide de la *salive*, produit des glandes salivaires.

Glandes salivaires. { Glandes en grappe [*parotides*, *sublinguales*, *sous-maxillaires*].

Salive { composée d'eau, de sels et de *ptyaline*.

Rôles { mécanique = production du *bol alimentaire*. chimique { transforme les *aliments féculents* en *maltose* absorbable par le sang.

II. ***Pharynx.*** — **Déglutition** des aliments conduits à l'œsophage.

III. ***Œsophage.***

IV. Estomac.

- Paroi
  - avec fibres musculaires qui brassent les aliments.
  - avec *glandes gastriques* qui sécrètent le *suc gastrique*.
- *Glandes gastriques.*
  - Glandes en tube ramifié.
  - *Suc gastrique* : composé d'eau, de sels, de *pepsine* avec HCl ; transforme les *matières albuminoïdes* en *peptones* absorbables par le sang.

V. Intestin.

Parties constitutives. { ***Intestin grêle.*** / ***Gros intestin.*** }

La paroi de l'intestin est hérissée de replis avec des *villosités intestinales*.

Glandes.

1° *Glandes intestinales* en tube sécrétant le *suc intestinal*.

- *Suc intestinal* : composé d'eau, de sels, d'*invertine* et de *maltase* ; — transforme le *sucre de betterave* et le *maltose* en *glucose*.

2° *Pancréas*, glande en grappe sécrétant le *suc pancréatique*.

- *Suc pancréatique*
  - composé d'eau, de sels, de 3 *diastases*.
  - Rôles : transforme les *féculents* en *maltose*, les *albuminoïdes* en *peptones* ; émulsionne les *graisses*.

3° *Foie* composé de 4 lobes divisés en lobules. *Vésicule biliaire*.

- *Un lobule* : Réseau sanguin unissant l'*artère hépatique* et la *veine porte* à la *veine sus-hépatique*.
- *Bile*
  - composée d'eau, de sels et de pigments.
  - Rôles : émulsionne les *graisses* ; empêche la putréfaction du chyle dans l'intestin.

Absorption du glucose, des peptones, des graisses et des sels minéraux par les *villosités intestinales*.

Défécation ou rejet des excréments par l'anus.

III. **Sources principales des aliments. — Hygiène de l'alimentation.** — L'Homme puise, dans la nature, les **aliments minéraux** [eau, sel marin] et les **aliments organiques** qu'il se procure par la *chasse* et la *pêche*, par l'*élevage* des Animaux de boucherie, des Oiseaux de basse-cour, des Poissons (*pisciculture*), des Crustacés, des Mollusques (*ostréiculture* et *mytiliculture*), des plantes (*agriculture*).

1° **L'eau** *est la meilleure des boissons, la seule qui soit* **indispensable**. — L'*eau de source*, *captée dès son origine*, est propre à notre alimentation en général ; les autres eaux naturelles sont plus ou moins impures.

La purification de l'eau d'alimentation est réalisée : par la *filtration* (filtres à charbon insuffisants — filtres du système Pasteur bien préférables) ; par une *double ébullition* (le meilleur procédé).

2° Le **sel marin** est extrait de l'eau de mer, évaporée dans les marais salants.

3° Les **animaux de boucherie** sont : le *Bœuf*, le *Veau*, le *Mouton*, le *Porc* ; plus rarement la *Chèvre*, le *Cheval*, l'*Ane* et le *Mulet*.

Quelques-uns de ces animaux nous donnent, en outre, le lait dont on fait le beurre et le fromage.

4° Les **volailles** principales sont : le *Coq*, le *Faisan*, la *Pintade*, le *Dindon*, le *Canard*, l'*Oie* et le *Pigeon*. Outre leur chair exquise, certaines de ces espèces nous donnent des *œufs* qui tiennent une large place dans notre alimentation.

5° Le **gibier** comprend des espèces couvertes de poils [*Lièvre*, *Lapin*, *Cerf*, *Chevreuil*, *etc.*] et des espèces couvertes de plumes [*Perdrix*, *Caille*, *Faisan*, *Bécasse*, *Alouette*, *Grive*, *etc*]. La chair en est plus difficile à digérer que celle des animaux de boucherie et des volailles de nos basses-cours.

6° Les **Poissons** comestibles se rangent, d'après leur origine : en ***Poissons d'eau douce*** [*Brochet*, *Carpe*, *Goujon*, *Perche*, *Tanche*, *Truite*, *etc.*] ; en ***Poissons marins***.

Parmi ces derniers, la *Sardine*, le *Hareng*, la *Morue*, le *Maquereau* sont l'objet d'une pêche fort active.

On tente de remédier aujourd'hui au dépeuplement des cours d'eau et des côtes : par la *fécondation des œufs* de Poissons, soigneusement recueillis et entretenus à l'abri de toute destruction ; par l'élevage des *alevins* qui proviennent de ces œufs [établissements de **pisciculture**].

7° Les **Crustacés** comestibles principaux sont : l'*Écrevisse* des eaux douces ; le *Homard*, la *Langouste*, la *Crevette*, le *Crabe*, qui vivent dans la mer.

Parmi les **Mollusques** comestibles, la *Moule* et l'*Huître* sont les plus importants et font l'objet d'une culture spéciale sur les côtes de l'Océan.

8° **Les aliments d'origine végétale** sont : les *aliments féculents*, les *légumes* et les *fruits*.

La stérilisation et la conservation des aliments. — Les matières alimentaires peuvent contenir des **parasites** [Ténia, Trichine, etc., dans la viande, Microbes divers dans la viande, le lait, l'eau, etc.]. — Supprimer ou tuer ces parasites dans les aliments, c'est pratiquer la **stérilisation**.

Divers procédés sont mis en œuvre pour stériliser les aliments : l'*ébullition* pour les liquides (eau et lait) ; la *cuisson* pour les solides.

La **conservation** des matières alimentaires est assurée : par le *procédé Appert* (en les chauffant à 120° dans une boîte close) ; par la *congélation* à — 10° environ ; par le *salage*, le *fumage*, l'*enrobage* dans la graisse fondue ou l'huile.

9° **Les boissons réputées alimentaires** sont :
les *boissons fermentées* (vin, cidre, bière) ;
les *boissons distillées* (eaux-de-vie) ;
les *liqueurs* (absinthe, vermouth, chartreuse, etc.)

Aucune d'elles ne nous est indispensable : cependant si l'Homme peut *user modérément des boissons fermentées*, il doit *renoncer aux eaux-de-vie* et *aux liqueurs* dont l'usage régulier le conduit peu à peu à l'**alcoolisme** avec ses funestes conséquences : altération des organes, troubles nerveux, hallucinations, folie, crises d'épilepsie, mort subite parfois, dégénérescence organique et morale des enfants.

L'avilissement social, le dépeuplement d'un pays sont les conséquences inéluctables de l'extension de l'alcoolisme dans ce pays.

II. — RESPIRATION

*La respiration est la fonction par laquelle l'Homme absorbe de l'oxygène dans l'***air** *extérieur et y rejette du gaz carbonique et de la vapeur d'eau, déchets de son organisme.*

L'étude de la respiration nécessite :

1° celle de l'**air**;

2° celle de l'**appareil respiratoire**.

§ 1. — L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

L'air est un mélange de gaz. — Puisé à des altitudes variées et dans des régions diverses, l'air libre présente une constance remarquable dans sa composition.

Il renferme surtout de l'**oxygène** (élément essentiel au point de vue respiratoire) et de l'**azote** [les proportions en volume de ces deux gaz sont : 20,8 d'oxygène pour 79,2 d'azote].

On y trouve, en outre : des traces de **gaz carbonique** [2 à 3 dix-millièmes environ] ; une quantité de **vapeur d'eau** variable avec l'état sec ou humide de l'atmosphère; enfin des **poussières** en suspension.

Comme on le sait, *l'oxygène entretient les combustions* dans l'air et *l'azote en modère l'activité* par sa présence.

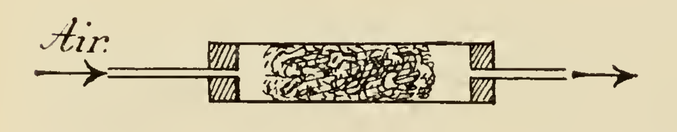


Fig. 43. — Tube à travers lequel est aspiré l'air dont on veut recueillir les poussières.

Le gaz carbonique a la propriété de troubler l'eau de baryte ou *l'eau de chaux*, versées dans un verre ou sur une large coupe; il y forme un précipité blanc de carbonate de baryum ou de carbonate de calcium.

La vapeur d'eau atmosphérique se condense sur une surface froide en y formant une buée.

Les *poussières atmosphériques* sont recueillies en aspirant une grande quantité d'air à travers un tube de verre qui contient une bourre de coton-poudre (fig. 43) ; l'air filtrant à travers le coton, y abandonne jusqu'aux matières les plus fines qu'il tient en suspension. — Il suffit de dissoudre dans un mélange

d'alcool et d'éther le coton-poudre noirci par le dépôt, ou de l'agiter simplement dans l'eau, pour reconnaître au microscope la nature de ces poussières.

Pasteur y a découvert, parmi des débris minéraux variés, des spores de Champignons, d'Algues, etc., et d'autres germes qui deviennent, en milieu favorable, les agents de fermentations et de maladies diverses [Nous y reviendrons plus loin, page 68.]

§ 2. — LES MODES DE RESPIRATION

L'Homme respire : par la *peau* [***respiration cutanée***] ; par les *poumons* [***respiration pulmonaire***].

1° Respiration cutanée. — Ce mode de respiration est *général :*

Tout être vivant subit, avec le milieu qui l'entoure, *des échanges d'oxygène, de gaz carbonique et de vapeur d'eau ;* ces échanges s'accomplissent *par osmose, à travers la paroi de son corps* (fig. 44). — Le fait est mis en évidence chez l'Homme par des expériences variées.



Fig. 44. — Schéma de la respiration d'un être vivant, *A*. — O, oxygène absorbé : CO^2, gaz carbonique dégagé.

(*a*) On démontre d'abord que *la peau intacte absorbe les gaz*, en prenant des animaux comme sujets d'expérience :

Un Lapin, par exemple, a le corps plongé dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, la tête exceptée ; il ne tarde pas à succomber sous l'influence de ce gaz délétère.

La pénétration de l'hydrogène sulfuré à travers la peau est prouvée chimiquement par ce fait que le tissu sous-cutané de l'animal, traité par un sel de plomb, noircit à cause de la formation de sulfure de plomb.

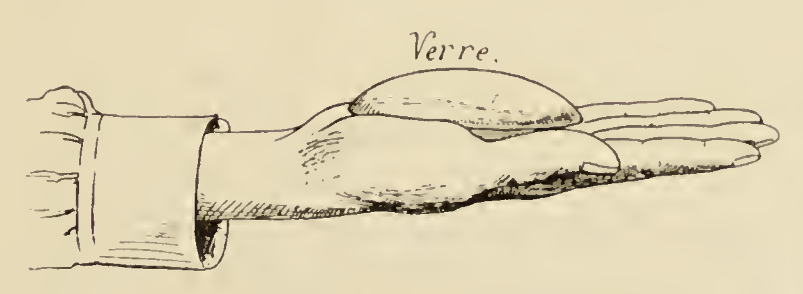


Fig. 45. — Le verre de montre, mouillé d'eau de baryte et appliqué contre la main, blanchit par suite de la formation de carbonate de baryum, due au dégagement de CO^2 par la peau.

(*b*) On rend évident *le dégagement de gaz carbonique à travers la peau*, de la façon suivante : la cavité d'un verre de montre est mouillée d'eau

de baryte, puis le verre est appliqué par son bord sur la paume de la main (fig. 45) ; au bout de quelque temps, la concavité du verre est toute blanche de carbonate de baryum.

Baryte hydratée	+ gaz carbonique	= Carbonate de baryum	+ Eau.
$Ba(OH)^2$	+ CO^2	= CO^3Ba	+ H^2O.

(*c*) L'*absorption d'oxygène* et le *dégagement de gaz carbonique* simultanément *à travers la peau* se démontrent ainsi : La jambe d'une personne est engagée, dans un cylindre de verre fixé autour de la cuisse par un manchon de caoutchouc (fig. 46) ; le cylindre est pourvu d'un robinet qui permet d'y faire de temps à autre de faibles prises de gaz. — En analysant l'air extrait du cylindre après 1, 2, 3 heures d'expérience, on reconnaît :

que la proportion d'oxygène diminue dans l'air confiné du cylindre ;

que la proportion du gaz carbonique augmente, ainsi que la quantité de vapeur d'eau condensée par la paroi froide.

Fig. 46. Étude de la respiration cutanée.

2° **Respiration pulmonaire**. — Ce mode de respiration par les poumons est *spécial aux Vertébrés vivant dans l'air ;* il pourvoit à l'insuffisance absolue de la respiration cutanée chez les animaux actifs ; il est, par suite, applicable à l'Homme.

En principe, un **poumon** est une cavité du corps, en forme de sac, où *l'air pénètre* et *se renouvelle* à mesure que *le sang circule à la surface externe* de ce sac qu'il baigne largement. — Des échanges gazeux s'y produisent entre l'air et le sang ; le sang rouge foncé dégage dans la cavité pulmonaire le gaz carbonique dont il est chargé ; l'air lui cède en retour de l'oxygène qui fait prendre au sang la couleur rouge vermeille. [On appelle *hématose* cette transformation éprouvée par le sang.]

La *membrane*, à travers laquelle s'accomplissent ces échanges, est *délicate, de grande surface* et *toujours humide.*

§ 3. — APPAREIL RESPIRATOIRE DE L'HOMME

Sa description. — L'appareil respiratoire de l'Homme se compose des *voies respiratoires* et des *poumons*.

Les voies respiratoires sont : la cavité du nez (fig. 25), la bouche, le pharynx, le larynx (fig. 47) ; la *trachée-artère* et ses ramifications (*bronches* et *bronchioles*) aboutissant aux *alvéoles pulmonaires* que renferment les poumons.

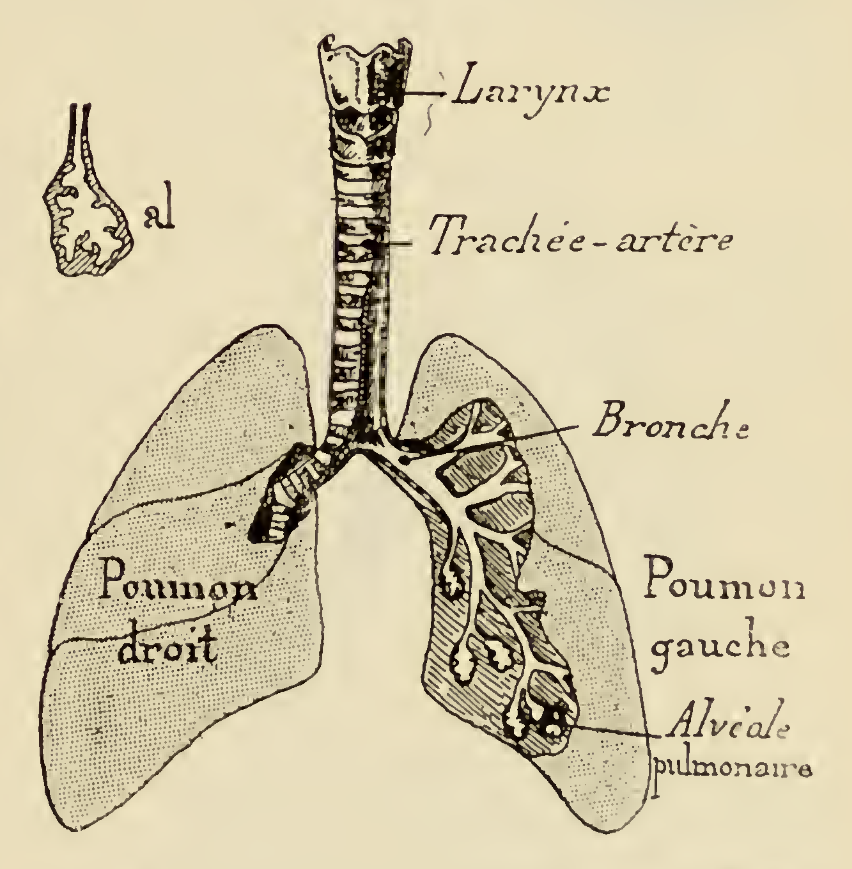


Fig. 47. — L'appareil respiratoire de l'Homme. — A gauche et en haut, un alvéole pulmonaire.

La cavité du nez sera étudiée comme organe de l'odorat, le larynx comme organe de la voix ; nous connaissons déjà la bouche et le pharynx.

Arbre pulmonaire [**Trachée-artère et ses ramifications**]. — La *trachée-artère*, *T*. *A* (fig. 48), peut être comparée à un tronc d'arbre creux, se divisant d'abord en deux *bronches*; chacune de ces bronches se subdivise elle-même, dans un poumon, en rameaux nombreux et de plus en plus fins, appelés *bronchioles*.

Le tronc et ses branches sont creux ; les tubes que représentent les bronchioles les plus fines se terminent dans des cavités closes dites *alvéoles pulmonaires*, partagées elles-mêmes en *vésicules pulmonaires* par des cloisons incomplètes. — L'Homme possède près de 2 milliards de ces vésicules.

La trachée-artère, longue de $0^{m},12$, est située en avant de

l'œsophage, *Œs* (fig. 49); elle pénètre dans la cage thoracique où elle se bifurque. — Les bronches se dirigent, l'une à droite, l'autre à gauche, vers les poumons où elles se ramifient dès leur entrée.

Trachée, bronches et bronchioles sont pourvues, dans leur épaisseur, de cerceaux cartilagineux qui en maintiennent la lumière toujours ouverte ; dans la trachée-artère, ils sont interrompus en arrière (fig. 49) pour permettre à l'œsophage de se dilater librement lors du passage des aliments.

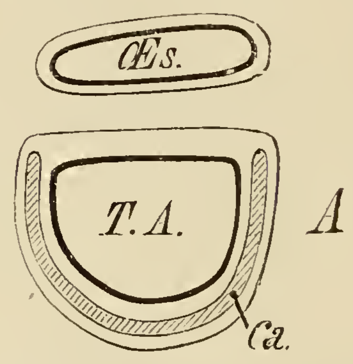


Fig. 49. — Section transversale de la trachée-artère, *T.A.*, et de l'œsophage, *Œs.* — *Ca.* cartilage coupé.

Fig. 48. — Figure schématique montrant les rapports des poumons et du cœur de l'Homme. — La trachée-artère se ramifie en 2 bronches, puis en bronchioles terminées par des alvéoles pulmonaires. — *O.g*, *V.g*, oreillette et ventricule du cœur gauche : *a.p*, artère pulmonaire ; *v.p*, veine pulmonaire. — *C*, mode d'irrigation sanguine d'une vésicule pulmonaire. Les flèches indiquent le cours du sang dans les vaisseaux. — Le sang rouge foncé est figuré en noir, le sang rouge vermeil en blanc.

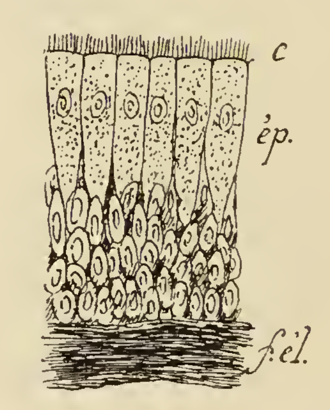


Fig. 50.— Épithélium vibratile de la trachée-artère ; *ép*, cellule épithéliale avec les cils, *c* ; *f. él*, fibres élastiques sous-jacentes.

La surface interne de l'arbre pulmonaire [les alvéoles exceptés] est tapissée de cellules hérissées de *cils vibratiles* (fig. 50). — Les cils ont pour rôle de faire progresser *dans une direction unique* les corpuscules déposés sur une telle surface. Or les poussières, en suspension dans l'air inspiré, sont arrêtées au passage par un *mucus* épais qui im-

prègne les parois de la trachée et des bronches ; les mouvements qu'effectuent les cils vibratiles chassent vers le pharynx ces particules nuisibles, dont les poumons sont ainsi préservés.

Poumons. — L'Homme possède deux poumons : l'un *droit*, l'autre *gauche*, qui entourent le cœur. Ils sont compris dans la cage thoracique et appuyés par leur base sur le muscle diaphragme (fig. 11).

Le poumon droit présente 3 *lobes ;* le poumon gauche n'en a que 2 ; ce dernier est plus petit à cause de l'inclinaison du cœur de son côté.

Par leur face interne (*hile*), les poumons reçoivent chacun une bronche, des vaisseaux sanguins et des nerfs.

Une branche de l'*artère pulmonaire*, *a.p* (fig. 48), provenant du ventricule droit du cœur, se divise en rameaux nombreux qui suivent les bronchioles et constituent un réseau capillaire, étendu en forme de nappe sanguine à la surface de chaque alvéole, comme un filet enveloppe un ballon (*C*).

Le sang rouge foncé, amené du cœur au poumon par l'artère pulmonaire et ses artérioles, devient rouge vermeil au niveau des alvéoles; il retourne à l'oreillette gauche du cœur, *O.g*, par 2 *veines pulmonaires*, *v.p*, pour chaque poumon.

La surface totale des alvéoles est de 200 mètres carrés; celle de la *nappe sanguine* dans les poumons est de 150 mètres carrés et le volume du sang qu'elle contient est de 2 litres.

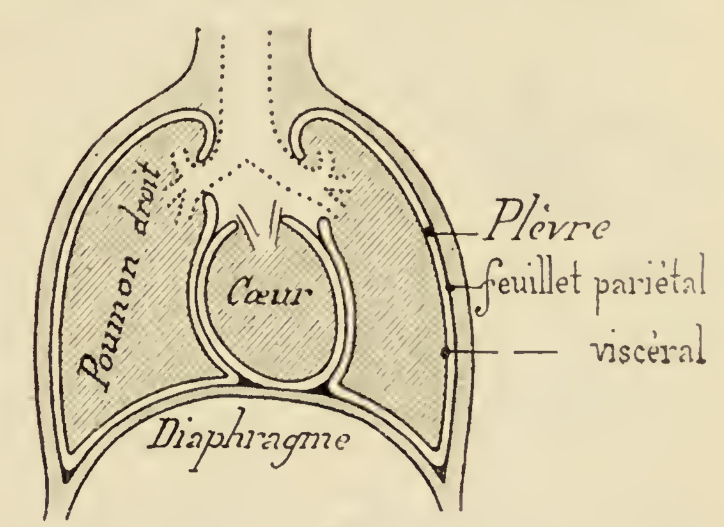


FIG. 51. — Les poumons et le cœur, logés dans la cage thoracique, sont enveloppés chacun d'une *séreuse* à 2 feuillets : *plèvres* pour les poumons, *péricarde* pour le cœur.

Plèvres. — Les poumons sont enveloppés chacun dans une membrane séreuse à 2 feuillets, appelée *plèvre* (fig. 51). Le feuillet pariétal en est appliqué contre la paroi de la cage thoracique et le diaphragme; le feuillet viscéral en est appliqué sur le poumon.

§ 4. — PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE

Le sang vient se débarrasser de son gaz carbonique dans les poumons et y puiser une partie de l'oxygène de l'air. Ces échanges gazeux se produisent activement à travers la surface mince qui sépare la nappe sanguine de l'air des alvéoles.

Cet air doit être renouvelé, sinon il deviendrait impropre à l'*hématose* du sang. — Le renouvellement de l'air dans l'arbre pulmonaire est déterminé par la dilatation et la contraction alternatives de la cage thoracique :

à l'agrandissement de la cage correspond une *inspiration* (entrée de l'air pur dans les poumons);

à la contraction de la cage correspond une *expiration* (rejet de l'air vicié à l'extérieur des poumons).

Cage thoracique. — La cavité thoracique est limitée par une *paroi musculaire* complexe, que soutient un *squelette* comprenant :

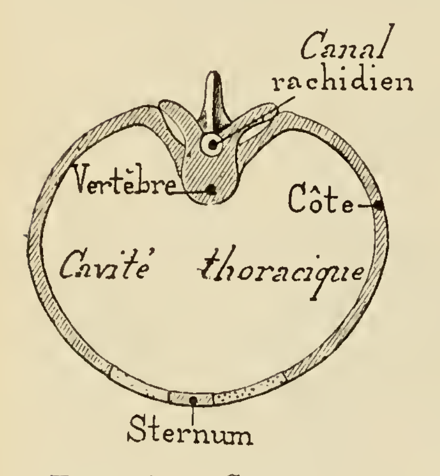


Fig. 52. — Coupe transversale de la cage thoracique. Les côtes relient les vertèbres de la région dorsale au sternum.

en arrière, la région dorsale de la *colonne vertébrale* avec 12 vertèbres (fig. 52);

sur les côtés, 12 paires de *côtes;*

en avant, le *sternum* auquel se rattachent les côtes.

Chaque côte est un arc osseux capable d'effectuer, autour de son point d'appui sur la colonne vertébrale, des mouvements qui le portent à la fois en haut, en avant et en dehors.

Muscles de la respiration. — La paroi musculaire de la cage thoracique comprend de nombreux muscles. Les plus importants d'entre eux pour la respiration ordinaire sont : le *diaphragme* et les *muscles intercostaux*.

Le **diaphragme** forme une voûte à concavité dirigée en bas, qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdo-

minale (fig. 53); les fibres musculaires y rayonnent du pourtour vers le centre, appelé *centre phrénique*, qui est de nature élastique.

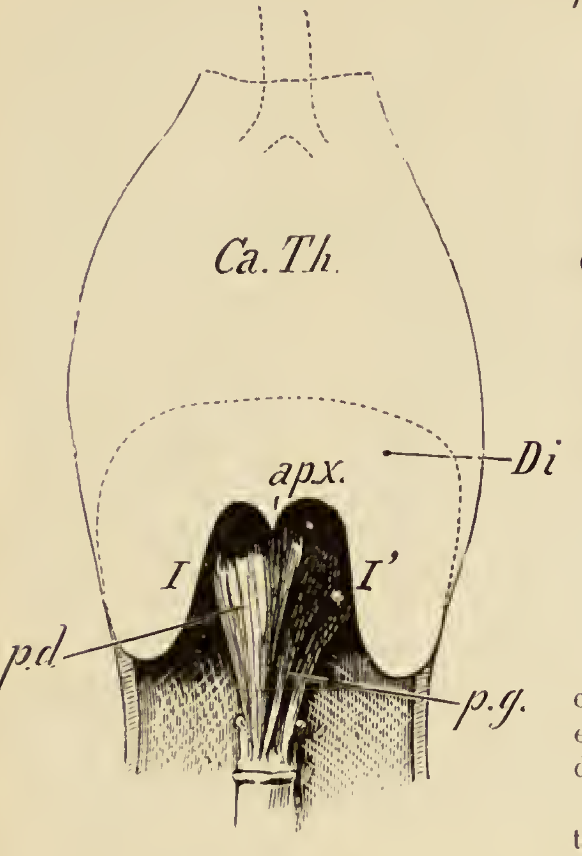


Fig. 53. — La cavité thoracique est limitée en bas par le muscle diaphragme, *Di*, qui forme une voûte au-dessus de la cavité abdominale.

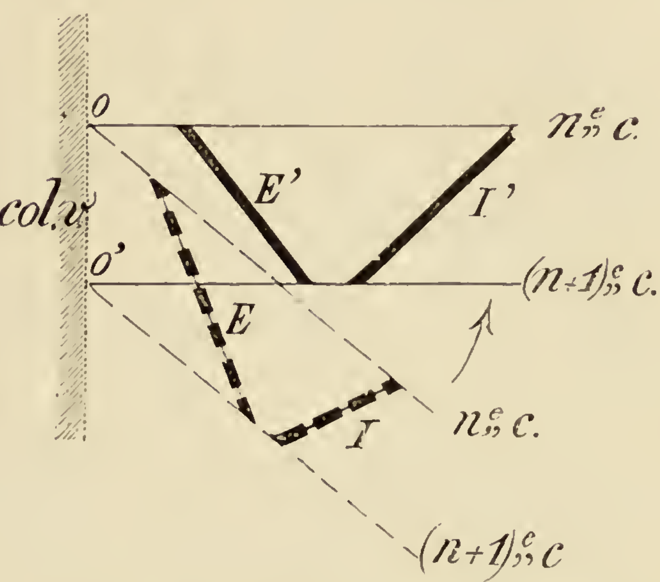


Fig. 54. — Deux muscles intercostaux : l'un externe *E*, l'autre interne *I*, sont ici tendus entre la n^e et la $(n+1)^e$ côte, dans la position d'expiration.

Lors d'une inspiration, les côtes tournent autour de leurs points d'appui sur la colonne vertébrale, en *O* et *O'*. Le muscle intercostal externe, primitivement relâché en *E*, est contracté en *E'*; au contraire, le muscle intercostal interne, contracté en *I*, est relâché en *I'*.

Les **muscles intercostaux**, qui relient entre elles les côtes, ferment la cage thoracique sur les côtés.

Ils sont de deux sortes : les muscles intercostaux *internes*, *I*, *I'*, qui s'insèrent d'*une côte à la précédente*, d'arrière en avant (fig. 54) ; les muscles intercostaux *externes*, *E*, *E'*, qui s'insèrent d'arrière en avant, d'*une côte à la suivante*.

Ces 2 sortes de muscles intercostaux jouent des rôles opposés dans le mécanisme respiratoire.

Mécanisme de l'inspiration et de l'expiration. — Le diaphragme joue un rôle essentiel dans la respiration.

1° Lors de l'***inspiration***, ce *muscle* s'appuie sur tout le bord inférieur de la cage thoracique, en ii' et en $i_1 i''$ (fig. 55) ; il contracte ses fibres musculaires convergentes qui tirent sur le centre phrénique, obliquement et de haut en bas ; la partie centrale du diaphragme s'abaisse donc de *M* en *M'*, en pressant

fortement sur les viscères abdominaux (foie, estomac) qui sont *légèrement* refoulés.

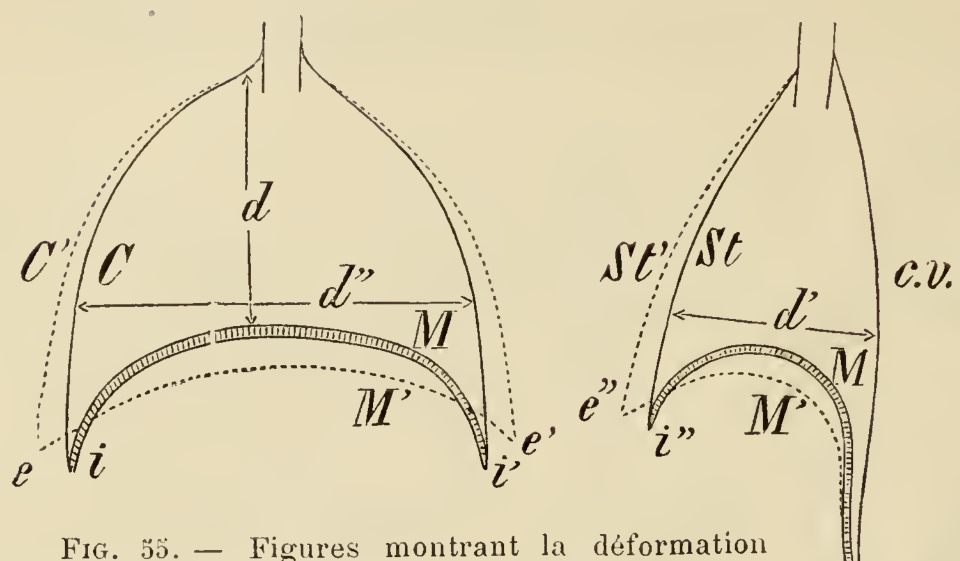


Fig. 55. — Figures montrant la déformation de la cage thoracique lors d'une inspiration : le diaphragme *M* s'abaisse en *M'* ; la paroi latérale de la cage, *C*, est portée en *C'* ; le sternum, *St*, est porté en *St'*. La cage s'agrandit ainsi suivant les 3 sens : *d*, *d'*, *d''*.

Le diaphragme ayant alors un excellent point d'appui sur ces viscères, la contraction plus accentuée de ses fibres musculaires a désormais pour effet de relever les côtes inférieures et le sternum. Les côtes tournent autour de leurs points fixes sur la colonne vertébrale; elles sont projetées à la fois de bas en haut et de dedans en dehors, de *C* en *C'* ; le sternum se porte en avant, de *St* en *St'*.

Ainsi la cage thoracique s'agrandit : de haut en bas suivant *d*, d'arrière en avant suivant *d'*, transversalement suivant *d''*.

Appliqués contre la paroi du thorax par l'intermédiaire des plèvres, *les poumons suivent passivement la dilatation de la cage; l'air du dehors s'y précipite* (fig. 56).

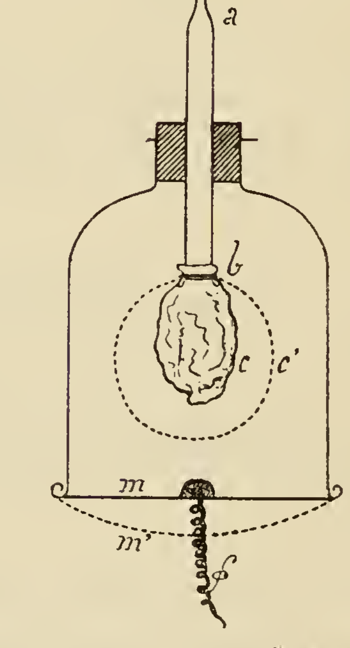


Fig. 56. — Dispositif ayant pour objet de montrer qu'en tirant sur une membrane de caoutchouc, *m*, qui ferme en bas une cloche, le ballon *c* en baudruche fixé à l'extrémité du tube, *ab*, se distend en *c'*, sous l'influence de l'air appelé du dehors.

Le phénomène inverse a lieu quand on abandonne à elle-même la membrane de caoutchouc de *m'* en *m*.

2° Lors de l'*expiration*, le muscle diaphragme revenant au repos reprend sa forme concave primitive : les côtes et le sternum s'abaissent. Les *poumons* pressés par la paroi thoracique *diminuent de volume*, *compriment et chassent au dehors une partie de l'air qu'ils renferment.*

Les *muscles intercostaux externes*, *E* (fig. 51), normalement relâchés dans la position d'abaissement des côtes sur lesquelles ils sont insérés, se contractent et contribuent au mouvement qui fait tourner ces côtes autour de leurs points fixes *o* et *o'* sur la colonne vertébrale, mouvement qui les amène à se relever.

Les *muscles intercostaux internes*, *I*, subissent une déformation contraire ; ils sont dans la position de relâchement pendant toute la durée de l'inspiration.

Pendant l'expiration, l'antagonisme des deux sortes de muscles intercostaux se manifeste encore ; les internes se contractent et les externes reviennent au repos.

Le nombre des inspirations *par minute* est de 15 environ ; en 24 heures, il est de : $15 \times 60 \times 24 = 21\,600$ inspirations.

Chaque inspiration fait pénétrer un demi-litre d'air pur dans nos poumons ; nous utilisons donc en un jour 10 800 litres d'air, soit 10 *mètres cubes* environ.

Phénomènes accomplis au niveau des alvéoles pulmonaires. — L'air expiré contient moins d'oxygène que l'air inspiré, mais plus de gaz carbonique et de vapeur d'eau, comme le montrent les résultats suivants de nombreuses analyses :

	100 VOLUMES d'air inspiré	d'air expiré	Perte ou gain.
	contiennent :		
Azote [Az]	79 vol., 2	79 vol., 2	
Oxygène [O]	20 , 8	15 , 5	O = — 5 vol., 3
Gaz carbonique [CO^2]	0 , 0003	4 , 0	CO^2 = + 4 vol.
Total	100 vol.	98 vol., 7	

Le *gaz carbonique* est mis en évidence par le trouble que l'on suscite en soufflant au moyen d'un tube de verre dans un vase renfermant de l'eau de chaux ou de baryte. Ce gaz se combine *avec la chaux ou la baryte et forme un carbonate insoluble* (fig. 57).



Fig. 57. — L'air expiré renferme du gaz carbonique.

On montre la diminution de volume de l'*oxygène* dans l'air expiré à l'aide de recherches plus précises.

On reconnaît enfin la présence de la *vapeur d'eau* dans l'air expiré, en l'exhalant sur une vitre froide ; une buée s'y forme immédiatement.

Le brouillard, formé en hiver par l'air exhalé du nez et de la bouche, est dû à la même cause.

L'azote est un gaz inerte dans l'acte respiratoire.

Valeur des échanges gazeux par jour. — Les 10 000 litres d'air qui traversent les poumons en 24 heures y ont abandonné :

$$5,3 \times \frac{10000}{100} = 530 \textit{ litres d'oxygène ;}$$

ils en ont retiré :

$$4 \times \frac{10000}{100} = 400 \textit{ litres de gaz carbonique.}$$

Le gaz carbonique contenant son propre volume d'oxygène,

$$530 - 400 = 130 \text{ litres d'oxygène}$$

sont donc absorbés dans les poumons par le sang, *utilisés* de manières diverses ou *mis en réserve* dans notre organisme.

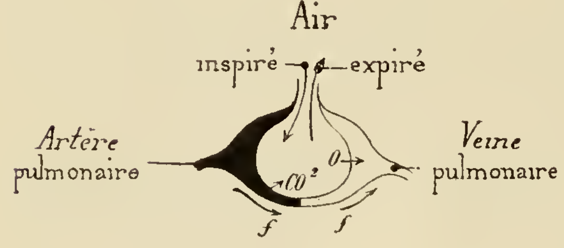


Fig. 58. — C'est au niveau des alvéoles pulmonaires qu'ont lieu les échanges gazeux entre l'air et le sang.

C'est au niveau des alvéoles pulmonaires, avons-nous vu déjà, que s'accomplissent les échanges gazeux entre l'air et le sang (fig. 58) : le sang rouge foncé, apporté par les artérioles pulmonaires, abandonne à l'air une partie du gaz carbonique qu'il renferme ; il y puise de l'oxygène, devient rouge vermeil et est emporté par les veinules pulmonaires.

Étendue de la surface respiratoire. — La surface de l'ensemble des cavités pulmonaires, qui est de 200 mètres carrés chez l'Homme, n'est cependant qu'une faible partie de la totalité des surfaces qui servent aux échanges gazeux avec le milieu extérieur.

Toutes les cellules vivantes de notre corps respirent.

Le sang *est l'intermédiaire obligé entre le milieu extérieur et nos cellules vivantes :* il leur apporte l'oxygène de l'air qu'il a fixé dans les poumons en combinaison avec l'hémoglobine de ses globules rouges ; inversement, il

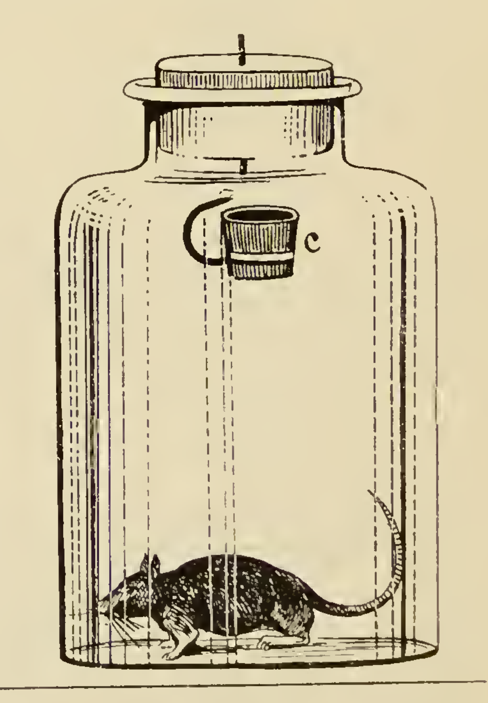


Fig. 59. — Un rat, enfermé dans un flacon, y meurt asphyxié.

en enlève le gaz carbonique qui se combine au carbonate et au phosphate de sodium dissous dans le plasma sanguin [p. 75].

REMARQUE. — *La* respiration *et la* combustion *sont deux phénomènes identiques*, comme l'a démontré Lavoisier.

En effet, mettons d'une part une bougie allumée dans un flacon fermé; d'autre part, introduisons un Rat ou un Oiseau dans un autre flacon bien bouché (fig. 59) :

La flamme de la bougie pâlit peu à peu, puis *s'éteint*; le premier flacon contient une certaine quantité de gaz carbonique et de la vapeur d'eau. — *L'animal meurt* au bout de quelque temps dans le deuxième flacon, ayant dégagé, lui aussi, du gaz carbonique et de la vapeur d'eau.

L'expérience montre, de plus, que l'un et l'autre phénomènes sont accompagnés d'un dégagement de chaleur.

§ 5. — HYGIÈNE DE LA RESPIRATION

***Des limites inférieures dans la composition d'un air respirable.* — L'asphyxie.** — L'Homme a besoin d'*air pur* et *en quantité suffisante*.

Parfois il est contraint, par sa fonction, de vivre dans une atmosphère plus ou moins viciée; l'indifférence aidant, il aggrave encore ses mauvaises conditions d'hygiène, en *renouvelant mal* l'air qu'il respire dans un appartement fermé.

*La proportion normale d'*oxygène dans l'air *est voisine de* 21 *pour* 100 ; si elle n'atteint que 17 pour 100, la respiration devient pénible ; la gêne est plus grande pour la proportion de 15 pour 100; l'air est *asphyxiant* quand il renferme moins de 10 pour 100 d'oxygène et provoque une défaillance rapide.

La proportion normale de gaz carbonique *est de* 2 *à* 3 *dix-millièmes* dans l'air ; à mesure que cette proportion augmente, le sang se purifie de moins en moins dans les poumons ; l'air est *asphyxiant* pour une proportion de gaz carbonique voisine de 10 pour 100.

Si donc l'Homme vit dans *l'air confiné* d'un appartement bien clos, il ne cesse de *l'appauvrir en oxygène* et de *l'enrichir en gaz carbonique*, concourant à sa propre asphyxie par une double voie : alors les troubles caractéristiques de cette

Valeur des échanges gazeux par jour. — Les 10 000 litres d'air qui traversent les poumons en 24 heures y ont abandonné :

$$5{,}3 \times \frac{10\,000}{100} = 530 \textit{ litres d'oxygène ;}$$

ils en ont retiré :

$$4 \times \frac{10\,000}{100} = 400 \textit{ litres de gaz carbonique.}$$

Le gaz carbonique contenant son propre volume d'oxygène,

$$530 - 400 = 130 \text{ litres d'oxygène}$$

sont donc absorbés dans les poumons par le sang, *utilisés* de manières diverses ou *mis en réserve* dans notre organisme.

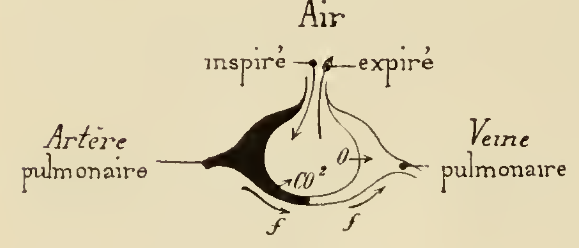


Fig. 58. — C'est au niveau des alvéoles pulmonaires qu'ont lieu les échanges gazeux entre l'air et le sang.

C'est au niveau des alvéoles pulmonaires, avons-nous vu déjà, que s'accomplissent les échanges gazeux entre l'air et le sang (fig. 58) : le sang rouge foncé, apporté par les artérioles pulmonaires, abandonne à l'air une partie du gaz carbonique qu'il renferme ; il y puise de l'oxygène, devient rouge vermeil et est emporté par les veinules pulmonaires.

Étendue de la surface respiratoire. — La surface de l'ensemble des cavités pulmonaires, qui est de 200 mètres carrés chez l'Homme, n'est cependant qu'une faible partie de la totalité des surfaces qui servent aux échanges gazeux avec le milieu extérieur.

Toutes les cellules vivantes de notre corps respirent.

Le sang *est l'intermédiaire obligé entre le milieu extérieur et nos cellules vivantes :* il leur apporte l'oxygène de l'air qu'il a fixé dans les poumons en combinaison avec l'hémoglobine de ses globules rouges ; inversement, il



Fig. 59. — Un rat, enfermé dans un flacon, y meurt asphyxié.

en enlève le gaz carbonique qui se combine au carbonate et au phosphate de sodium dissous dans le plasma sanguin [p. 75].

REMARQUE. — *La* respiration *et la* combustion *sont deux phénomènes identiques*, comme l'a démontré Lavoisier.

En effet, mettons d'une part une bougie allumée dans un flacon fermé; d'autre part, introduisons un Rat ou un Oiseau dans un autre flacon bien bouché (fig. 59) :

La flamme de la bougie pâlit peu à peu, puis *s'éteint;* le premier flacon contient une certaine quantité de gaz carbonique et de la vapeur d'eau. — *L'animal meurt* au bout de quelque temps dans le deuxième flacon, ayant dégagé, lui aussi, du gaz carbonique et de la vapeur d'eau.

L'expérience montre, de plus, que l'un et l'autre phénomènes sont accompagnés d'un dégagement de chaleur.

§ 5. — HYGIÈNE DE LA RESPIRATION

***Des limites inférieures dans la composition d'un air respirable.* — L'asphyxie.** — L'Homme a besoin d'*air pur* et *en quantité suffisante.*

Parfois il est contraint, par sa fonction, de vivre dans une atmosphère plus ou moins viciée; l'indifférence aidant, il aggrave encore ses mauvaises conditions d'hygiène, en *renouvelant mal* l'air qu'il respire dans un appartement fermé.

*La proportion normale d'*oxygène dans l'air *est voisine de* 21 *pour* 100 ; si elle n'atteint que 17 pour 100, la respiration devient pénible ; la gêne est plus grande pour la proportion de 15 pour 100; l'air est *asphyxiant* quand il renferme moins de 10 pour 100 d'oxygène et provoque une défaillance rapide.

La proportion normale de gaz carbonique *est de* 2 *à* 3 *dix-millièmes* dans l'air ; à mesure que cette proportion augmente, le sang se purifie de moins en moins dans les poumons ; l'air est *asphyxiant* pour une proportion de gaz carbonique voisine de 10 pour 100.

Si donc l'Homme vit dans l'*air confiné* d'un appartement bien clos, il ne cesse de l'*appauvrir en oxygène* et de l'*enrichir en gaz carbonique*, concourant à sa propre asphyxie par une double voie : alors les troubles caractéristiques de cette

situation anormale (maux de tête, vertiges, syncopes, etc.) se manifestent avant que la proportion d'oxygène se soit abaissée à 15 pour 100, avant que la proportion de gaz carbonique ait atteint 7 à 8 pour 100 seulement.

On raconte qu'à la bataille d'Austerlitz, 300 prisonniers autrichiens furent enfermés dans une cave; au bout de quelques heures, 260 d'entre eux étaient morts asphyxiés.

L'**asphyxie** est attribuable le plus souvent :

1° à l'*insuffisance d'oxygène* dans l'air respirable ;

2° à l'*excès de gaz carbonique ;*

3° à la *présence de poisons* (gaz délétères comme l'oxyde de carbone, le chlore, l'acide sulfhydrique ; — émanations appelées *leucomaïnes*, mal connues encore quant à leur nature et leur origine).

1° L'*asphyxie* **par manque d'oxygène** se produit : chez les personnes qui montent en ballon, ou qui gravissent les hautes montagnes où l'air est raréfié; chez les ouvriers qui travaillent à de grandes profondeurs, dans certaines mines aux galeries *mal ventilées*.

Cette asphyxie se traduit par le *mal des montagnes* (bourdonnements d'oreilles, nausées, vertige), puis par la *syncope* et la mort. — Il faut respirer de l'oxygène pur dès les premiers malaises.

2° L'*asphyxie* **par excès de gaz carbonique** se produit : chez les personnes qui séjournent, un grand nombre à la fois et pendant longtemps, dans une salle fermée de toutes parts; chez celles qui pénètrent dans une cave contenant un liquide en fermentation.

3° L'*asphyxie* **par intoxication** a pour cause fréquente l'*oxyde de carbone* qui se dégage des foyers alimentés par un courant d'air insuffisant (poêles mobiles). L'oxyde de carbone, absorbé par le sang, forme avec l'hémoglobine une combinaison stable que l'oxygène ne peut détruire.

L'asphyxie lente. — Elle se manifeste chez les personnes qui vivent dans un air insuffisamment renouvelé : c'est le cas des locaux trop étroits [logements et ateliers trop exigus, où séjournent habituellement plusieurs personnes à la fois].

Condamné trop souvent, par ses faibles ressources, à habiter une chambrette, l'ouvrier des villes en particulier s'y sent mal à l'aise, pâlit, devient anémique et sans forces; son organisme affaibli est alors prédisposé à diverses affections maladives dont la plus redoutable est la *tuberculose* [1].

---

1. Quelles que soient les circonstances de l'asphyxie, la meilleure manière de porter secours au malade, *en état de mort apparente si l'asphyxie ne s'est produite que depuis peu de temps*, consiste à l'exposer au grand air, couché horizontalement sur le dos, à le frictionner énergiquement pour provoquer la circulation du sang, à lui sai-

La ventilation. — Nous avons vu que 10 mètres cubes d'air pur sont nécessaires à l'Homme pour sa respiration journalière. Un pareil cube d'air nécessiterait des locaux de dimensions considérables quand de nombreuses personnes doivent les habiter. On peut réduire ces dimensions, quand on a la précaution de *ventiler* les appartements pour en renouveler l'air.

La ventilation a lieu naturellement par les joints des portes et des fenêtres, par les cheminées dont le feu détermine un actif appel d'air du dehors, par des orifices spéciaux (vasistas des fenêtres, tuyaux grillagés débouchant au niveau des planchers, etc.). Ce dernier dispositif est indispensable dans les salles de classe, réfectoires, dortoirs, casernes, ateliers où cohabitent de nombreux individus.

Les germes contenus dans l'air. — Abandonnons à l'air du bouillon, du lait, de l'urine, un morceau de viande fraîche, du pain mouillé, en un mot de la *matière organique* ou *de la matière organisée quelconque.*

Au bout de quelque temps, ces substances seront envahies par une foule d'êtres visibles seulement au microscope, appelés **Microbes** pour cette raison.

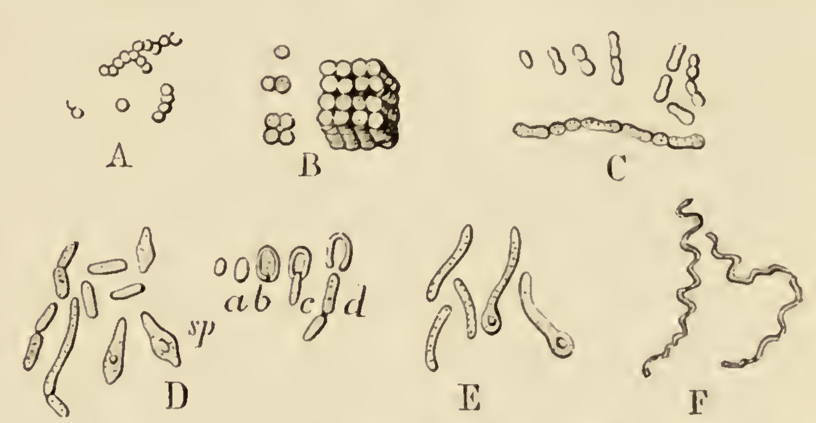


Fig. 60. — Bactéries diverses. — A ; *Micrococcus ureæ*, agent de la fermentation ammoniacale de l'urine. — B ; *Sarcina ventriculi*, vivant dans l'estomac, le sang et les poumons de l'Homme. — C ; *Bacterium Termo*, microbe des eaux corrompues. — D ; *Bacillus Amylobacter* ou ferment butyrique, agent de la fabrication du fromage et du rouissage du Chanvre ; *sp*, spore : *a*, *b*, *c*, *d*, phases du développement d'une spore. — E ; *Vibrio rugula.* — F ; *Spirillum plicatile*, microbes des eaux corrompues. — Les figures A, B..., E, représentent les Bactéries à divers états de développement.

Ces Microbes, qui hâtent la putréfaction des matières envahies, sont : des *Infusoires* [animaux pullulant dans les *infusions*] ; des *Moisissures* comme celles qui couvrent le pain mouillé,

---

sir fortement la langue, pour la tirer en dehors et la faire rentrer alternativement dans la bouche de 2 en 2 secondes, et pratiquer comme il convient la respiration artificielle. [Ces prescriptions sont particulièrement applicables aux personnes qui viennent de se noyer.]

les confitures et le vieux cuir *moisi*; des *Bactéries* diverses (fig. 60).

L'abondance des Microbes atmosphériques dépend d'une foule de circonstances : de l'endroit où l'air est recueilli, de la saison, de l'intensité et de la direction des vents, etc.

Ainsi le nombre des Bactéries par mètre cube d'air a été trouvé égal à :

0, à une altitude de 2 000 à 4 000 mètres;
1, sur le lac de Thoune en Suisse (altitude 560 mètres);
760, au parc de Montsouris à Paris;
5 500, dans la rue de Rivoli à Paris.

L'air du centre des villes est donc plus malsain que celui des campagnes; l'air des montagnes et de la mer est d'une pureté presque absolue.

Faible par les temps pluvieux, le nombre des germes augmente avec la sécheresse; le vent les soulève plus facilement. Dans les appartements, les salles d'hôpitaux où l'on circule, l'air en renferme toujours beaucoup en suspension.

Quelle est l'origine des Microbes? — La matière inerte dans laquelle ils se développent s'est-elle partagée, pour ainsi dire, en petits fragments dont chacun est devenu un être vivant, comme l'ont admis longtemps les partisans de la **génération spontanée**[1]? Ou bien ces Microbes proviennent-ils d'êtres préexistants non remarqués jusqu'alors?

De mémorables expériences, dues pour la plupart à **Pasteur**, ont permis à ce savant de réfuter la théorie de la génération spontanée; elles l'ont conduit à la conclusion suivante :

Tout être vivant, si simple qu'il soit, dans la nature actuelle, provient d'un être vivant de même espèce qui a existé avant lui.

Principales expériences de Pasteur. — Nous avons vu (p. 54) comment Pasteur, faisant filtrer une grande quantité d'air à travers une bourre de coton-poudre contenue dans un tube de verre, recueillait les germes en suspension dans l'air. — M. Duclaux agita dans un peu d'eau une semblable bourre noircie par les poussières atmosphériques, puis exposa l'eau à une température modérée; il y vit germer des **spores**, qui produisirent des organismes nouveaux. [On comprend ainsi l'apparition des Champignons sur le pain, les confitures et le vieux cuir moisi.]

Pasteur montra que du bouillon [ou toute autre infusion], soumis à l'ébullition pendant quelque temps de manière à le *stériliser*, c'est-à-dire à

1. Les premiers partisans de la *génération spontanée* admettaient même la production d'êtres supérieurs aux dépens de la matière organisée : pour Aristote, le limon en décomposition produisait les Anguilles; plus récemment, on considérait les larves de Mouches, apparaissant dans la viande en putréfaction, comme produites directement par cette viande; Van Helmont attribuait l'origine de certaines Souris à la décomposition du fromage enveloppé de linge sale.

tuer les germes de l'air qui y sont déjà tombés, se conserve indéfiniment limpide et non putréfié *s'il est mis à l'abri des Microbes.*

Il prit à cet effet : soit des ballons à col effilé (fig. 61, *A*), soit des ballons à col sinueux (*B*) qu'il utilisa ainsi :

Un certain nombre de ballons à col effilé (*A*), contenaient du bouillon qui y fut *stérilisé* par une ébullition prolongée, en même temps que les ballons ; plusieurs d'entre eux furent fermés à la lampe. — Le bouillon d'aucun des ballons fermés ne s'altéra ; il entra en putréfaction, au contraire, dans tous les ballons ouverts *où les germes de l'air avaient un libre accès.*

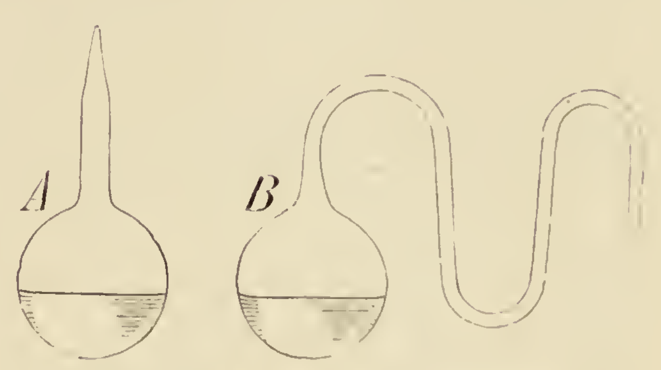


Fig. 61. — Ballons pour conserver des liquides à l'abri des microbes.

Pasteur *stérilisa* de même, par ébullition, le bouillon contenu dans une série de ballons à col sinueux (*B*). Dans aucun d'eux le bouillon ne se putréfia, car l'air qui y rentrait pendant le refroidissement devait parcourir toutes les sinuosités du col encore humides et capables, par ce fait, d'arrêter les germes. — Penchait-il l'un quelconque des ballons pour amener le bouillon jusqu'au contact de l'une des courbures chargées de germes ? au bout de peu de temps, le liquide entrait en putréfaction.

En dernier lieu, Pasteur prouva que le lait, le sang, l'urine et autres liquides organiques, *puisés directement dans le corps des animaux vivants*, demeurent indéfiniment inaltérables s'ils sont protégés contre l'invasion microbienne. — Il prit un récipient en verre (fig. 62), pourvu de deux tubulures : l'une terminée en pointe effilée et fermée, *a* ; l'autre communiquant avec l'extérieur par l'intermédiaire d'une bourre de coton, *t*. L'appareil fut stérilisé à 250°.

Dans le cas du sang, par exemple, Pasteur introduisit préalablement la pointe, *a*, dans une artère et l'y brisa ; aspirant l'air en *t*, il fit entrer ainsi quelques centimètres cubes de sang dans l'appareil, puis referma la pointe en la chauffant à la lampe. Le sang demeura intact dans l'appareil pendant des années ; aucun Microbe ne l'avait envahi.

Toutes ces expériences justifient donc le principe énoncé précédemment.

Fig. 62. — Appareil permettant de recueillir un liquide à l'abri de tout Microbe.

Invasion de notre organisme par les Microbes. — L'air que nous respirons amène, au contact de la muqueuse du nez et de la bouche et jusque dans l'arbre pulmonaire, les Microbes qu'il tient en suspension.

Parmi ces germes, il en est de particulièrement dange-

reux : tels sont ceux de la *tuberculose*, de la *diphtérie*, de la *fièvre typhoïde*, de la *variole*, de la *scarlatine*, de la *rougeole*, du *choléra*, etc. — Les uns peuvent s'engager dans le tube digestif, les autres dans le larynx, la trachée-artère et les bronches. Ils demeurent inoffensifs aussi longtemps que les surfaces sur lesquelles ils se déposent demeurent intactes. Ces surfaces présentent-elles la moindre altération? c'est alors une brèche permettant aux Microbes de pénétrer dans l'intimité de nos organes et d'entrer en lutte avec *les* **globules blancs du sang**, *nos défenseurs naturels.*

Si l'organisme est vigoureux, il résistera sans peine aux Microbes envahisseurs qu'englobent et digèrent les globules blancs [ces derniers sont appelés *phagocytes* pour cette raison].

Mais si l'organisme est affaibli par un excès de travail, une maladie antérieure ou toute autre cause, les globules blancs sont incapables d'une lutte prolongée ; l'invasion microbienne se produit avec ses conséquences toujours fâcheuses, à savoir la maladie, parfois la mort.

La *tuberculose* et la *diphtérie* sont précisément deux des fléaux les plus redoutables, dus à l'infection microbienne des voies respiratoires. [Nous les étudierons spécialement au chapitre des maladies contagieuses.]

RÉSUMÉ

Par la respiration, l'Homme absorbe l' **oxygène** *dans l'air; il y rejette du* **gaz carbonique** *et de la* **vapeur d'eau.**

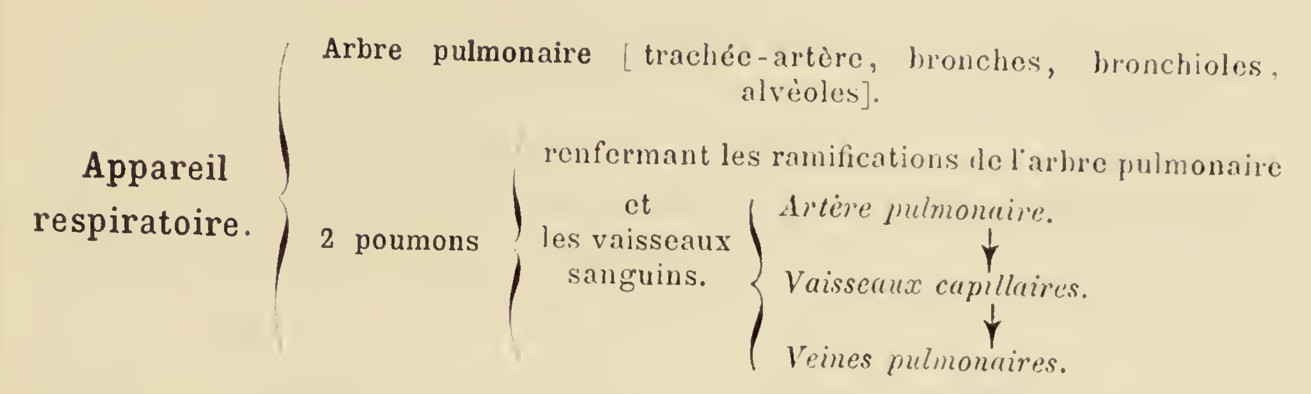
I. **L'air atmosphérique.** — *L'air est un mélange de gaz;* il contient : de l'*oxygène* (20,8 pour 100), de l'*azote* (79,2 pour 100), des traces de *gaz carbonique*, de la *vapeur d'eau* et des *poussières* en suspension parmi lesquelles se trouvent des germes divers.

II. **Les modes de respiration.**— L'Homme respire par la *peau* (**respiration cutanée**) et par les *poumons* (**respiration pulmonaire**) ; ce dernier mode est de beaucoup le plus important.

III. **Appareil respiratoire** (de l'Homme). — **Sa description.** — Il se compose : de l'*arbre pulmonaire* (trachée-artère, 2 bronches, bronchioles, alvéoles pulmonaires) ; des 2 *poumons.*

Les poumons sont logés dans la cage thoracique et enveloppés dans les *plèvres.* — Le sang y parvient, avec une couleur rouge foncée (avec CO^2),

par l'*artère pulmonaire;* il en sort à l'état rouge vermeil (avec O), par les 4 *veines pulmonaires.*



IV. **Physiologie de l'appareil respiratoire.** — L'air nécessaire à l'hématose du sang est *constamment* renouvelé dans les poumons, par les mouvements d'*inspiration* et d'*expiration* de la cage thoracique.

Ces mouvements sont déterminés principalement par le jeu du *muscle diaphragme* et des *muscles intercostaux*.

Importance des échanges gazeux. — Un demi-litre d'air entre dans les poumons à chaque inspiration. — 10 000 litres, en 24 heures, servent à hématoser 20 000 litres de sang.

530 litres d'O sont absorbés par le sang qui rejette simultanément 400 litres de CO^2 dans l'air.

Toutes les cellules vivantes de notre corps respirent.

La **respiration** et la **combustion** sont deux phénomènes identiques.

V. **Hygiène de la respiration.** — L'air pur est *respirable;* il devient asphyxiant :

quand la proportion d'oxygène descend au-dessous de 16 pour 100;
quand la proportion de gaz carbonique atteint 9 à 10 pour 100.

L'asphyxie est due : à l'*insuffisance d'oxygène*, à l'*excès de gaz carbonique*, à la présence de *poisons* (oxyde de carbone, acide sulfhydrique, leucomaïnes, etc.).

La **ventilation** des appartements est le meilleur moyen de combattre l'asphyxie lente, due à la respiration dans l'air confiné.

Les germes contenus dans l'air. — Parmi les poussières en suspension dans l'air se trouvent des *germes* ou **Microbes** [Infusoires, Moisissures, Bactéries], agents de putréfaction des matières organiques.

La **génération spontanée** d'êtres vivants, au sein de la matière organique en décomposition, autrefois admise, a été définitivement réfutée par Pasteur à la suite d'expériences mémorables.

Certains des Microbes de l'air sont aussi les *agents d'infection de notre organisme.* Ils peuvent provoquer chez nous l'éclosion de *maladies contagieuses :* la tuberculose, la diphtérie, la fièvre typhoïde, la variole, la scarlatine, la rougeole, etc. — Ils sont combattus, dans l'intimité de nos organes, par les globules blancs ou *phagocytes.*

III. — CIRCULATION

La circulation est la fonction par laquelle un liquide nutritif, appelé **sang**, *porte aux diverses cellules de notre organisme les matières destinées à les réparer; il en emporte aussi les déchets (gaz carbonique et autres produits).*

§ 1. — DE LA CIRCULATION EN GÉNÉRAL

En principe, tout **appareil circulatoire** comprend :

1° Un ***appareil de dissémination*** du sang, *A.D* (fig. 63), qui sert à la nutrition des organes [*artères* → *vaisseaux capillaires* → *veines*] ;

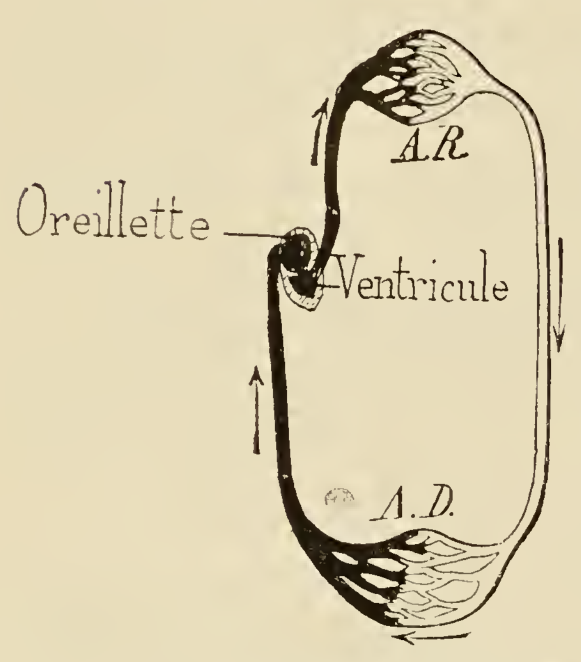


Fig. 63. — Un appareil circulatoire en général.

2° Un ***appareil de revivification*** du sang, *A.R* [appareil respiratoire] ;

3° Un ***appareil de propulsion*** du sang appelé **cœur**, comprenant au moins une *oreillette* et un *ventricule.*

Ce dernier appareil peut être placé : — ou sur le trajet du sang rouge vermeil; — ou sur le trajet du sang rouge foncé : — ou bien sur l'un et l'autre trajet : *le cœur est* alors *double*, comme chez l'Homme (fig. 67 et 68).

L'étude de la circulation comprend 2 parties :

1° l'étude du **sang** ;

2° celle de l'**appareil circulatoire**.

§ 2. — SANG

Le sang est un liquide qui nourrit tous les organes du corps. — Il comprend, chez l'Homme, le **sang rouge** et le **sang blanc** ou *lymphe.*

A. — Sang rouge

C'est un liquide légèrement alcalin et salé, dont la couleur varie du rouge clair au rouge foncé. L'Homme adulte en possède environ 5 litres.

Quand on examine au microscope une goutte de sang extraite du doigt par une légère piqûre, on y remarque un liquide incolore ou **plasma**, dans lequel nagent 3 sortes de **globules** :

des *globules rouges ;*
des *globules blancs ;*
des *hématoblastes*, d'un rouge très pâle, qui s'altèrent rapidement après la sortie du sang des vaisseaux.

Globules. — Les globules sont mélangés dans la proportion suivante : 1 globule blanc pour 40 hématoblastes et plus de 800 globules rouges.

Les **globules rouges** de l'Homme sont très petits : 1 millimètre cube de sang en renferme environ 5 millions.

Ils ont la forme de disques circulaires, amincis en leur milieu (fig. 64, *a*, *a'*); leur diamètre est de 7 à 8 millièmes de millimètre (7 à 8 μ).

Fig. 64. — **Globules du sang.**
Homme : Globules rouges vus : de face, *a* ; de profil, *a'* ; crénelé, *a''*. — Leucocytes, *l*, *l'*. — Hématoblastes, *h*, *h'*, *h''*.
Globules rouges comparés, vus de face et de profil : 1, Homme ; 2, Chameau ; 3, Oiseau ; 4, Grenouille ; 5, Protée ; 6 à 6'', hématoblastes de Grenouille.

Les globules rouges doivent leur couleur au pigment rouge appelé **hémoglobine** *qui, au contact de l'air, en absorbe l'oxygène* et distribue ce gaz à tout l'organisme.

Les **globules blancs** ou **leucocytes** (fig. 64, *l*) sont plus volumineux que les rouges; essentiellement déformables, ils poussent des prolongements dits amiboïdes, traversent facilement la paroi des vaisseaux capillaires [*diapédèse* (fig. 65, *b*)]. Ils peuvent aussi capturer les vieux globules rouges et les microbes dont ils se nourrissent [*phagocytose*, p. 70].

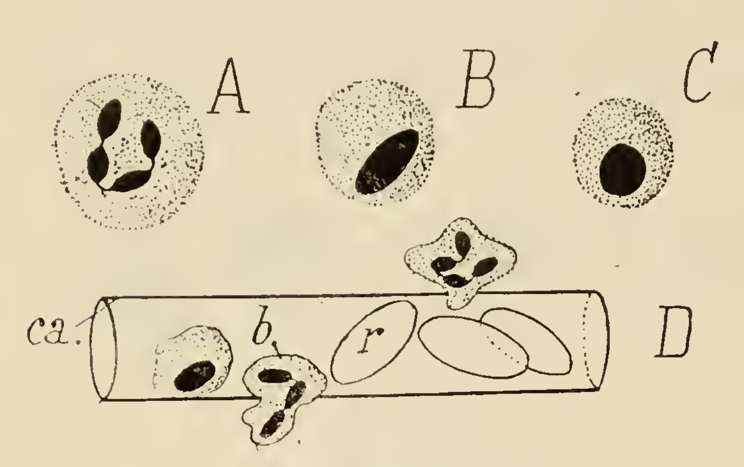


Fig. 65. — **Globules blancs.**
A, leucocyte à noyau en boudin; — B, leucocyte mononucléé; — C, lymphocyte; — D, passage des globules blancs, *b*. par diapédèse à travers l'endothélium d'un capillaire, *ca*; *r*, globules rouges.

Les leucocytes, appelés encore *cellules migratrices*, circulant entre nos organes, éliminent d'ordinaire les microbes qui peuvent nous envahir : ce sont des éléments précieux de défense contre les agents infectieux qui causent chez nous tant de maladies.

Les **hématoblastes** paraissent être de jeunes globules rouges en voie de formation.

Plasma. — Le plasma est un liquide incolore : dissolution où les cellules vivantes puisent des principes nutritifs (glucose, peptones, graisses, sels) et où elles rejettent leurs déchets (urée, acide urique, cholestérine, CO^2, etc.).

Gaz du sang. — Le sang renferme des gaz : en partie à l'état de *dissolution*, en partie à l'état de *combinaison*.

La composition moyenne fournie par diverses analyses du sang de Chien a donné :

		O	CO²	Az
Pour 100 centimètres cubes de	sang rouge vermeil..	$11^{cc},2$	$19^{cc},7$	$1^{cc},2$
	— foncé....	4^{cc}	$25^{cc},5$	$1^{cc},1$

La partie dissoute se dégage quand on fait le vide au-dessus du sang; la partie combinée se dégage quand on chauffe ce liquide.

Par ces moyens, on montre que :

1° *l'oxygène est à peu près totalement combiné* à l'hémoglobine des globules rouges; il forme alors l'*oxyhémoglobine* que

réduisent les cellules vivantes pour s'emparer de l'oxygène dont elles ont besoin pour vivre ;

2° *le gaz carbonique*, dégagé par les cellules vivantes, *est presque totalement emporté par le plasma*, soit en dissolution, soit en combinaison avec les carbonate et phosphate de sodium.

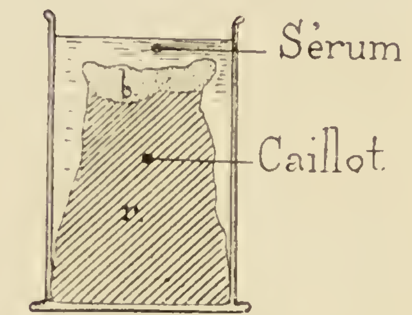


Fig. 66. — Le sang se coagule en dehors des vaisseaux sanguins.

Les sels ainsi formés (bicarbonate et phospho-carbonate) se dissocient facilement dans les poumons, où ils abandonnent le gaz carbonique qu'ils y ont drainé en quelque sorte.

Coagulation du sang. — Quand on saigne un animal, on voit que le sang, aussitôt sorti du corps, se prend en une masse rouge (*caillot*) surmontée d'un liquide incolore (*sérum*) ; le sang s'est **coagulé** (fig. 66).

Le *fibrinogène* [matière albuminoïde dissoute dans le plasma tant que le sang est contenu dans les vaisseaux] donne, au contact de l'*air*, d'un *fibrin-ferment* et des *sels de calcium* du sang, de la *fibrine* solide qui forme un filet à mailles serrées emprisonnant les globules.

SANG FRAIS		SANG COAGULÉ	
Globules	....	Globules.................	Caillot.
Plasma.	Fibrinogène dissous....	Fibrine coagulée........	Caillot.
	Sérum..................	....	Sérum.

On empêche le sang de se coaguler quand on le bat activement avec un petit balai, au sortir du vaisseau coupé ; les brindilles du balai retiennent la fibrine, le sang défibriné demeure liquide.

B. — Sang blanc (Lymphe)

La lymphe est un liquide jaune pâle, composé de **plasma** dans lequel nagent exclusivement des **globules blancs**.

Elle résulte principalement :

1° de la filtration d'une partie du plasma du sang rouge à travers la paroi des vaisseaux capillaires ;

2° des produits rejetés par les cellules vivantes, *baignées véritablement par la lymphe ;*

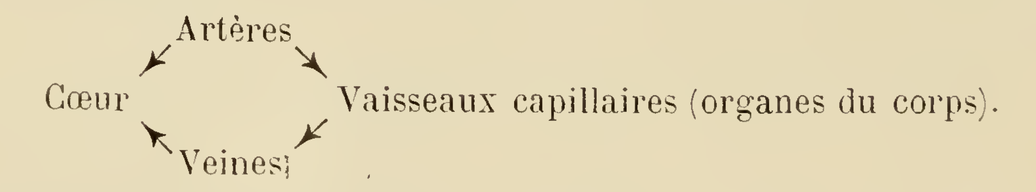
3° du chyle puisé dans l'intestin par les vaisseaux chylifères pendant la digestion [p. 29].

§ 3. — APPAREIL CIRCULATOIRE DE L'HOMME

Il comprend : 1° l'*appareil proprement dit* servant à la circulation du sang rouge ; 2° l'*appareil lymphatique* où se meut la lymphe.

APPAREIL CIRCULATOIRE PROPREMENT DIT

Le **cœur** envoie le sang à tous les organes du corps par les **artères** ; les artères se résolvent en **vaisseaux capillaires** excessivement nombreux qui se réunissent en d'autres troncs principaux ou **veines** ; les veines ramènent le sang vers le cœur.



Toute artère emporte vers les organes le sang provenant du cœur ; toute veine rapporte le sang des organes vers le cœur.

A. — Cœur

Sa description. — Le cœur est un muscle creux conique, de la grosseur du poing chez l'Homme (fig. 67). Il est placé dans la cage thoracique entre les 2 poumons et légèrement incliné à gauche (fig. 11) ; sa base est au niveau des hiles des poumons, sa pointe repose en bas et en avant sur le diaphragme ; en arrière, l'œsophage et l'artère aorte le séparent de la colonne vertébrale. Il est enveloppé d'une séreuse appelée *péricarde* (fig. 51).

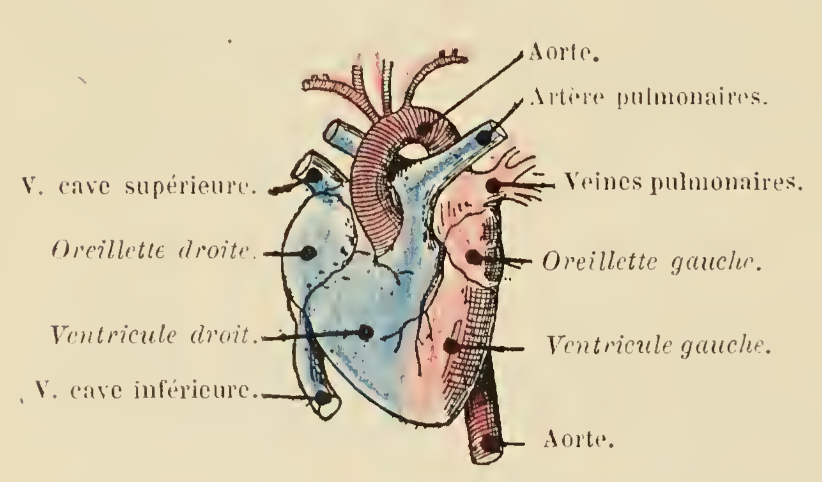


Fig. 67. — Le cœur de l'Homme et les principaux vaisseaux qui y aboutissent.

Le cœur comprend en réalité 2 cœurs distincts : le cœur droit et le cœur gauche (fig. 68).

Chacun d'eux est formé d'une *oreillette* en haut et d'un *ventricule* en bas. L'oreillette est en rapport avec le ventricule correspondant par un *orifice auriculo-ventriculaire*.

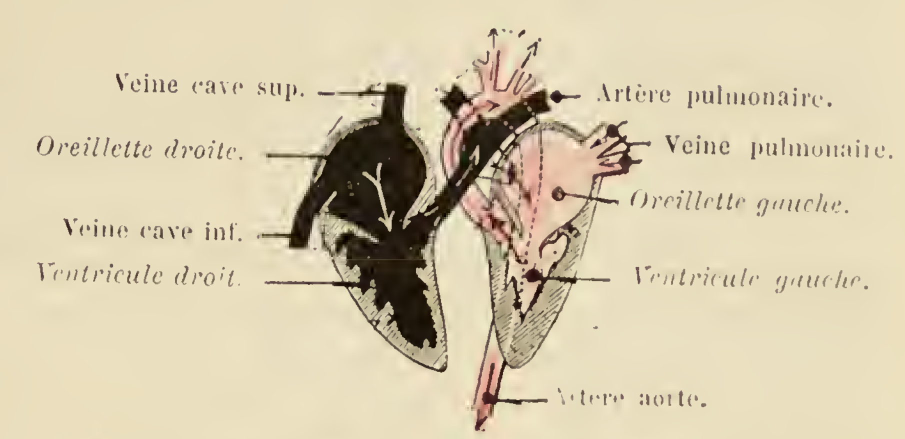


Fig. 68. — Représentation théorique du cœur de l'Homme.

La paroi des oreillettes est mince et molle ; celle des ventricules est épaisse et rigide ; la paroi du ventricule gauche est plus épaisse que celle du ventricule droit.

Vaisseaux aboutissant au cœur. — A l'oreillette gauche aboutissent 4 *veines pulmonaires*, dont 2 proviennent du poumon droit et les 2 autres du poumon gauche : elles en apportent le sang rouge vermeil.

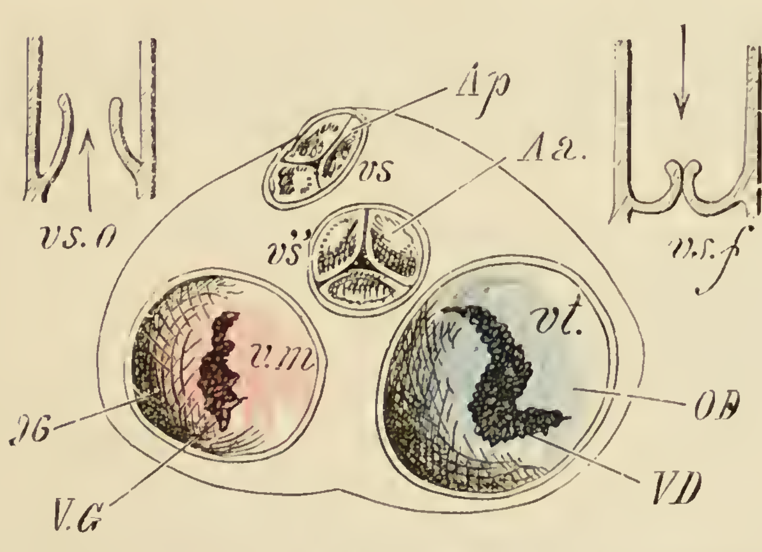


Fig. 69. — Coupe transversale du cœur un peu au-dessus des ventricules. — *v.m*, valvule mitrale entre l'oreillette et le ventricule gauches ; *vt*, valvule tricuspide entre l'oreillette et le ventricule droits. — *vs*, *v's'*, valvules sigmoïdes à l'entrée de l'artère pulmonaire, *Ap*, et de l'artère aorte, *Aa*. — *vs.o*. valvules sigmoïdes ouvertes ; *vs.f*, les mêmes fermées.

Du ventricule gauche part, en haut et à droite, l'*artère aorte* qui se recourbe en crosse dès sa sortie du cœur et se porte en arrière de cet organe ; elle distribue le sang rouge vermeil aux diverses parties du corps.

A l'oreillette droite aboutissent 2 *veines caves* : la *veine cave supérieure* et la *veine cave inférieure*, qui reçoivent le sang rouge foncé revenant du corps.

Du ventricule droit se détache, en haut et à gauche, l'*artère pulmonaire* qui forme une fourche, dont les 2 branches portent le sang rouge foncé aux 2 poumons.

Valvules du cœur. — Chaque orifice auriculo-ventriculaire

peut être fermé par une valvule en entonnoir, largement ouverte du côté de l'oreillette ; le bec en est engagé dans le ventricule. — Sur le bord de ces valvules, sont insérés les tendons de petits *muscles papillaires* qui engagent, en se contractant, le bec de l'entonnoir fort avant dans le ventricule.

Les orifices des artères aorte et pulmonaire sont pourvus chacun de 3 *valvules sigmoïdes* (en forme de nid de pigeon), dont la concavité est dirigée du côté de l'artère ; ces valvules s'opposent au retour du sang dans le cœur, une fois ce liquide engagé dans les artères (fig. 69).

Structure du cœur. — Le cœur de l'Homme se compose de 3 tuniques : le *péricarde*, le *myocarde*, l'*endocarde*.

1° Le *péricarde* est la séreuse qui entoure le cœur (fig. 51) : son feuillet viscéral lui est étroitement soudé ; son feuillet pariétal est en rapport avec les plèvres des poumons et avec le diaphragme.

2° Le *myocarde* est une tunique musculaire formée de *cellules musculaires* à contraction involontaire.

Il est composé : de *fibres propres*, spéciales à chaque oreillette et à chaque ventricule ; de *fibres unitives*, communes aux deux cœurs et qui les relient entre eux.

Les fibres propres font saillie du côté interne dans les ventricules et y forment les *muscles papillaires*, muscles d'où partent les tendons qui s'insèrent sur les valvules auriculo-ventriculaires.

3° L'*endocarde* est une membrane très mince à cellules aplaties, qui revêt toute la face interne du cœur et des vaisseaux sanguins.

B. — Artères

Leur description. — *Les artères emportent aux organes le sang venant du cœur.*

Elles proviennent de 2 *artères principales qui partent des ventricules :* l'**artère aorte** et l'**artère pulmonaire**.

L'**artère aorte** est le tronc d'un arbre qui conduit le sang rouge vermeil du ventricule gauche à tous les organes.

Les rameaux principaux de cet arbre aortique sont indiqués dans la figure 72 et le tableau explicatif en regard.

Ce sont :

Le *tronc brachio-céphalique* se divisant en *artère carotide droite* (moitié droite de la tête) et (*artère sous-clavière droite* (membre supérieur droit) ; l'*artère carotide gauche* (moitié gauche de la tête) ; l'*artère sous-clavière gauche* (membre supérieur gauche) ; les *artères intercostales* (paroi du thorax) ; le *tronc cœliaque* divisé en *artère splénique* (rate), *artère stomacale* (estomac) et *artère hépatique* (foie) ; les *artères mésentériques* (intestin) ; les *artères rénales* (reins) ; les *artères iliaques* (membres inférieurs).

L'artère pulmonaire, très courte, part du ventricule droit; elle donne 2 rameaux qui portent aux poumons le sang rouge foncé, destiné à y subir l'hématose.

Structure des artères. — La paroi des artères renferme une tunique moyenne composée de tissu élastique et de tissu musculaire.

Plus on pénètre dans les artérioles fines, plus l'élément élastique s'élimine; l'élément musculaire prédomine.



Fig. 70. — Sections d'une artère à paroi : élastique, 1; musculaire, 2; mixte, 3.

Grâce au tissu élastique, l'artère demeure toujours ouverte, ce qui y facilite la circulation du sang. — Mais *il y a danger à blesser une artère :* si on en pique une involontairement, dans un accident ou une opération chirurgicale, les bords de la fente s'écartent et le sang jaillit avec force.

Les artères sont préservées des blessures accidentelles par leur situation profonde dans l'organisme sous d'épaisses couches musculaires, sauf les artères temporales (tempe) et radiales (poignet) dont les battements sont faciles à saisir (*pouls*).

C. — Vaisseaux capillaires

Ce sont des tubes très étroits réunissant les terminaisons des artères à celles des veines (fig. 71); ils forment un réseau

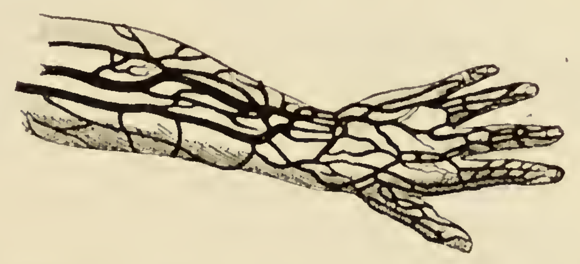


Fig. 71. — Les vaisseaux capillaires réunissent les artères aux veines.

d'une finesse extrême dans tous les points du corps : quelle que soit la région piquée avec une aiguille, le sang s'en échappe.

D. — Veines

Leur description. — *Les veines ramènent le sang des organes vers le cœur;* elles se confondent en 6 *veines principales :* 2 **veines caves** *et* 4 **veines pulmonaires,** qui *aboutissent aux oreillettes* (fig. 73 et tableau en regard).

La *veine cave supérieure*, qui aboutit à l'oreillette droite, reçoit le sang rouge foncé : de la tête, par les *veines jugulaires;* des membres supérieurs, par les *veines sous-clavières*.

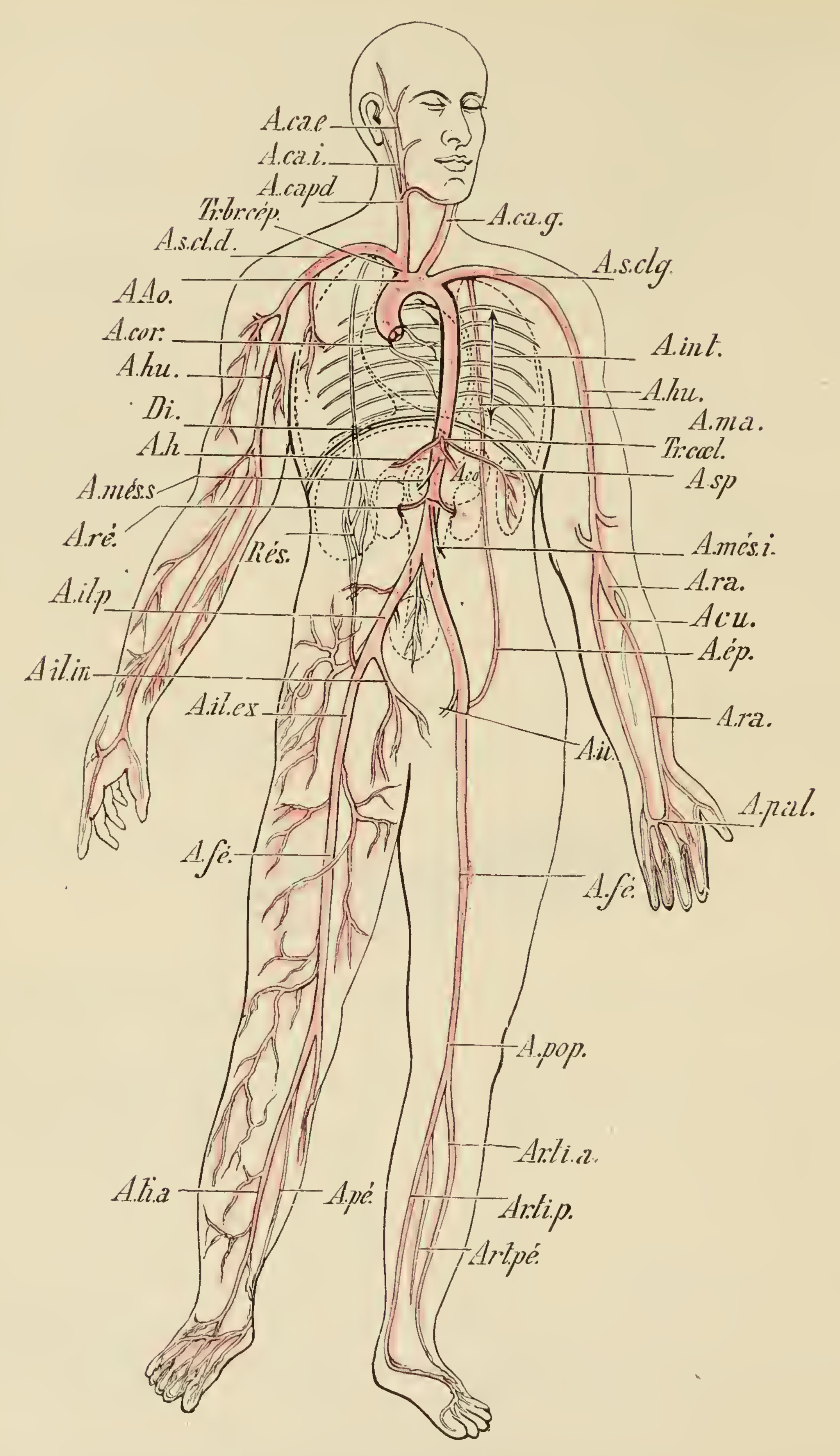
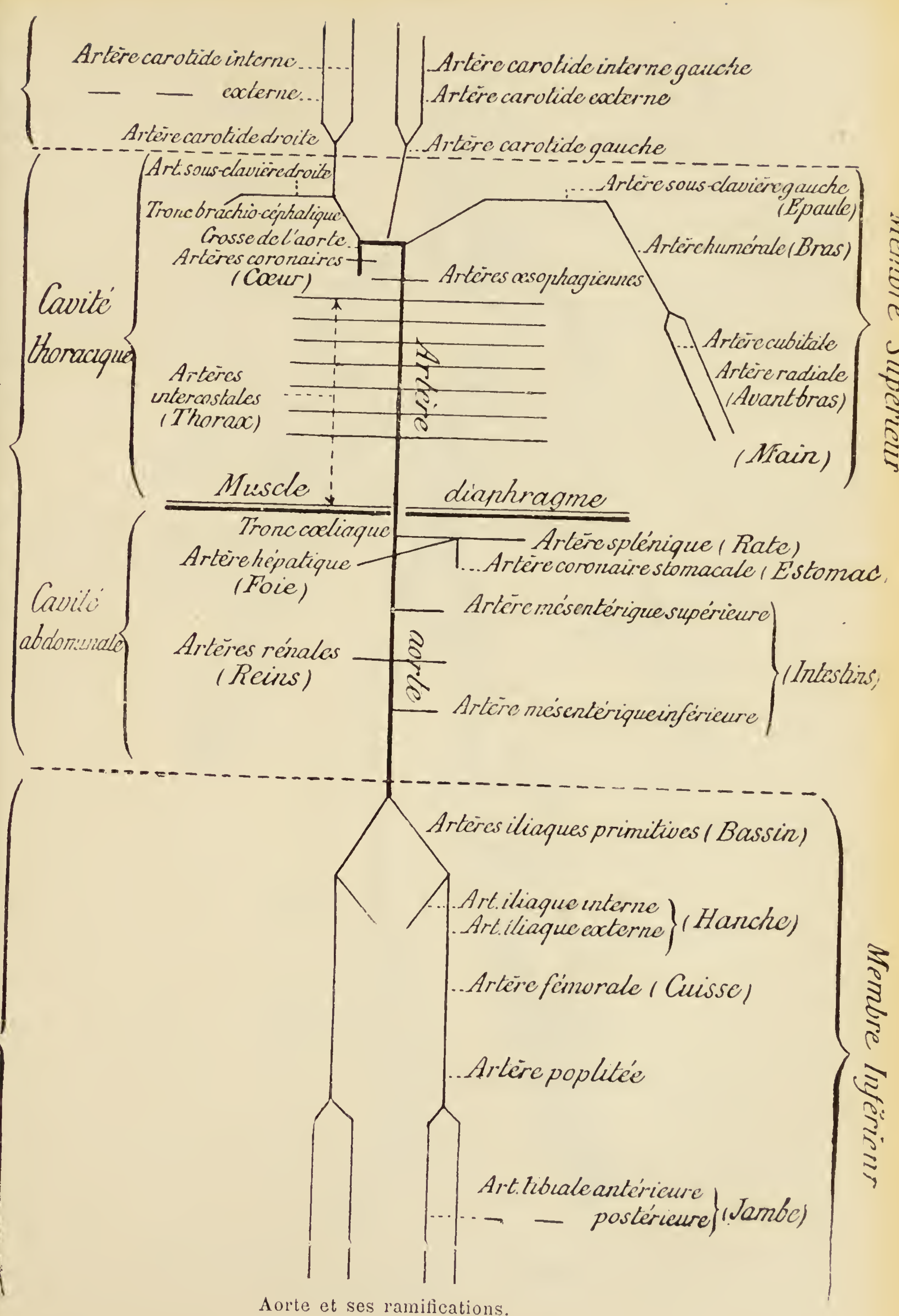


Fig. 72. — Aorte et ses ramifications.

La *veine cave inférieure*, qui apporte aussi du sang rouge foncé à l'oreil-



Aorte et ses ramifications.

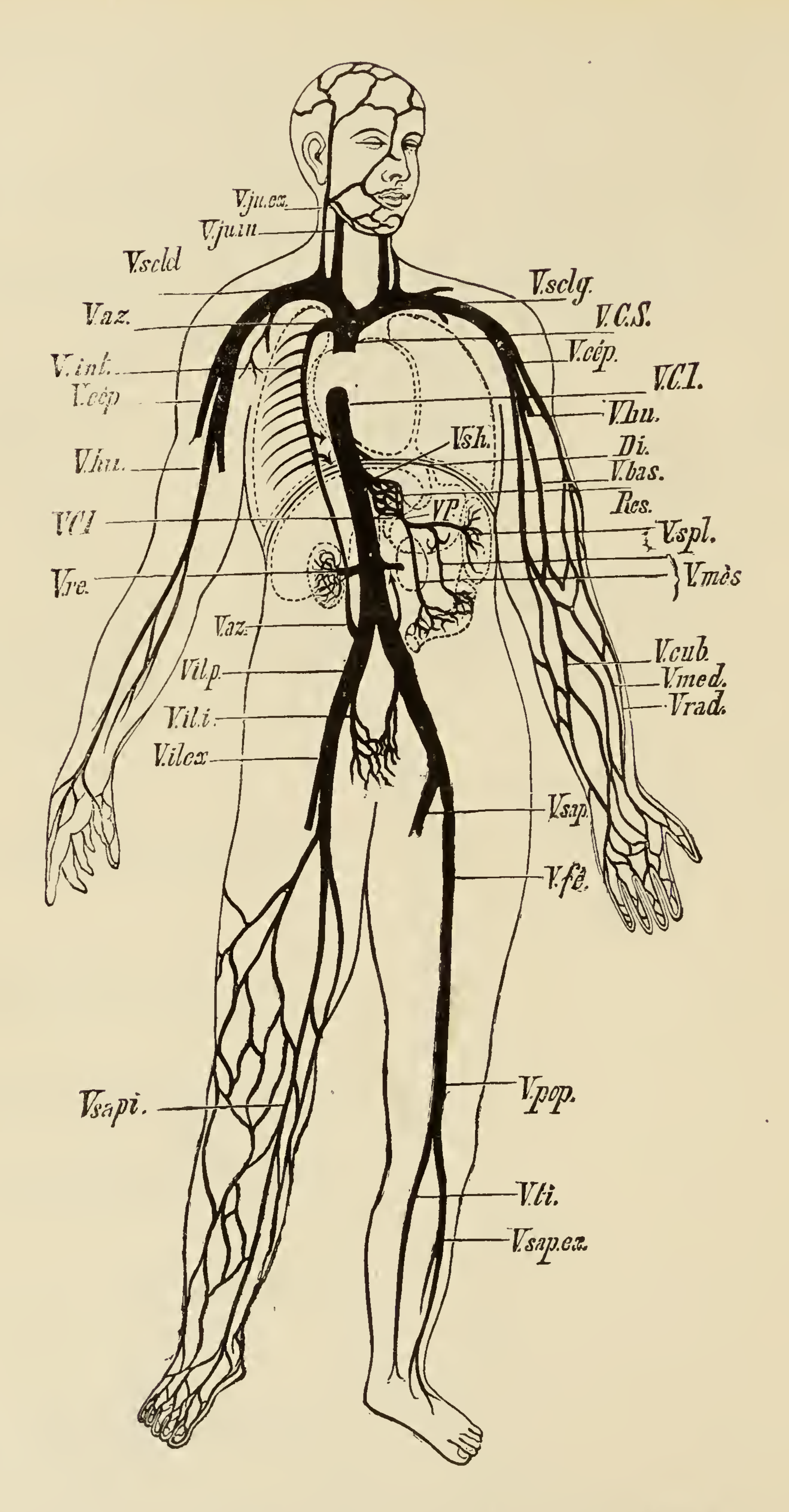
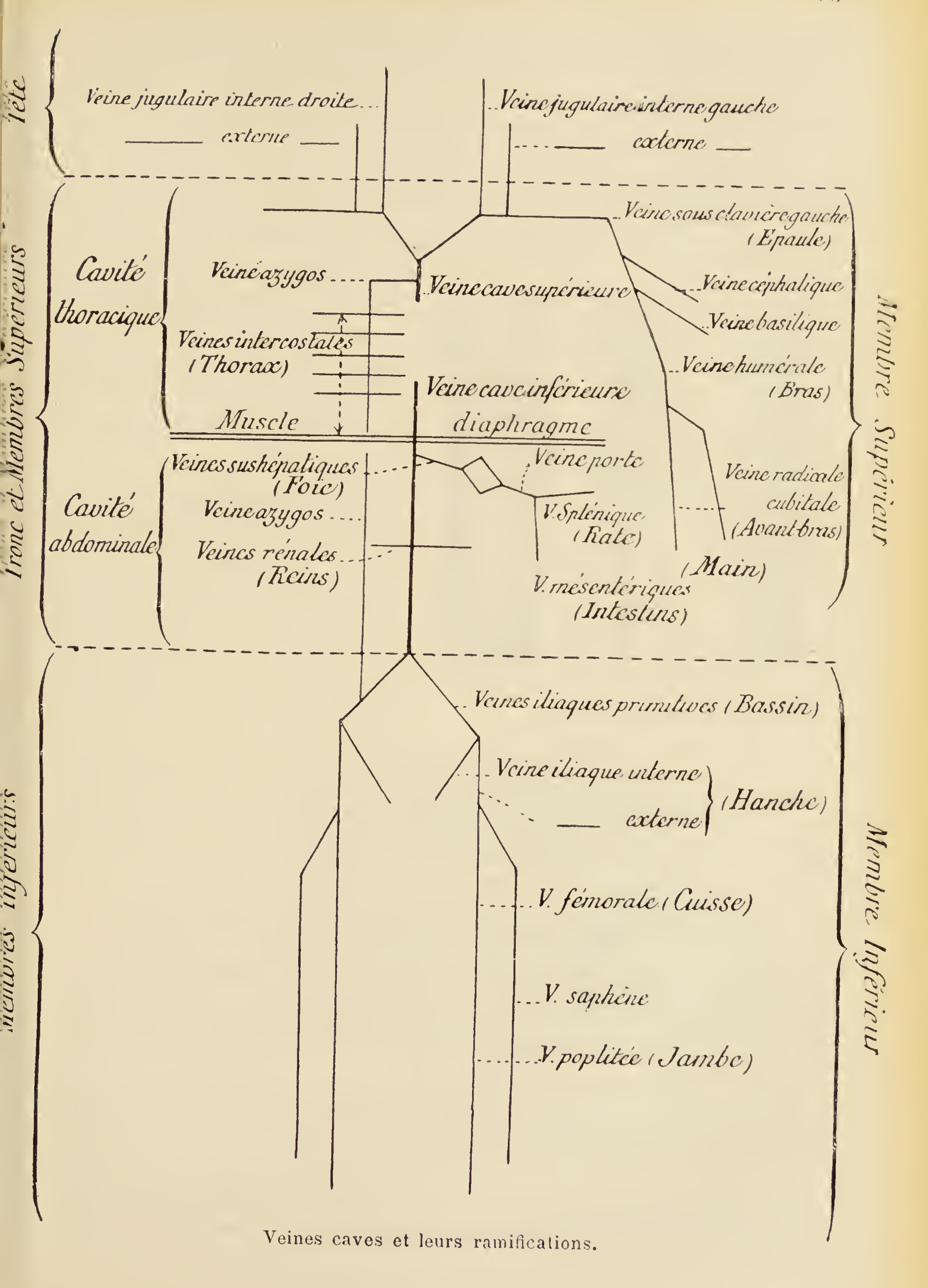


FIG. 73. — Principaux troncs veineux et leurs rameaux.



Veines caves et leurs ramifications.

lette droite, résulte de l'union des *veines iliaques* (membres inférieurs) ; elle reçoit les *veines rénales* (reins) et les *veines sus-hépatiques* (foie).

Une *veine azygos*, *V. az*, réunit les veines caves supérieure et inférieure, par l'intermédiaire des veines iliaques : elle reçoit le sang rouge foncé provenant de la région lombaire et des parois de la cage thoracique.

Les 4 *veines pulmonaires* ramènent à l'oreillette gauche le sang rouge vermeil qui a subi l'hématose dans les poumons.

Système porte. — On appelle ainsi tout vaisseau collecteur intercalé entre 2 séries de capillaires consécutifs :

ainsi la *veine porte hépatique*, *VP* (fig. 73), relie les vaisseaux capillaires de l'intestin et de la rate à ceux du foie (p. 26).

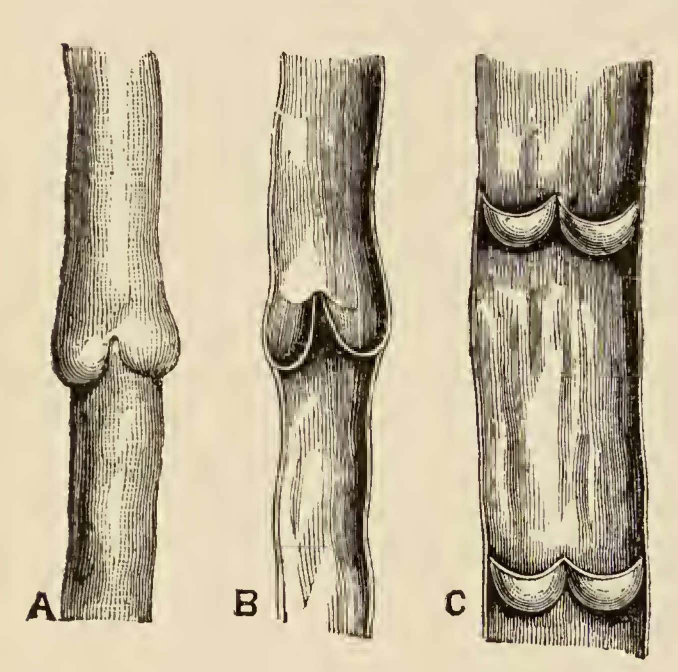


Fig. 74. — Valvules des veines C, des vaisseaux lymphatiques, A et B.

Structure des veines. — La paroi des veines diffère de celle des artères par l'absence presque totale du tissu élastique, en sorte qu'*une veine de moyen calibre peut être perforée sans danger :* les 2 bords de la plaie se rabattent l'un contre l'autre, *le sang s'y écoule en nappe ;* un caillot se forme sur la blessure et en facilite la cicatrisation.

Les veines saphènes et fémorales, qui ramènent le sang des membres inférieurs, présentent des *valvules* à concavité tournée du côté du cœur (fig. 74) ; le rôle de ces valvules est de diviser les grandes colonnes de sang de ces veines en tronçons indépendants, superposés et mobiles sous le plus léger effort.

PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE PROPREMENT DIT

Rôle du cœur. — Le cœur *musculaire* se contracte et se relâche alternativement de 65 à 70 fois par minute ; il est en *systole* lors de la contraction de ses fibres musculaires, en *diastole* lors de leur relâchement.

Les diverses parties du cœur sont-elles simultanément en systole? Se dilatent-elles simultanément aussi ?

Pour résoudre cette question, on a recours à un appareil enregistreur, dit *cardiographe*, dont le principe est le suivant :

Une poire de caoutchouc, *A* (fig. 75), est reliée par un tube flexible, *t*, avec une

ampoule *B* dont la paroi, *m*, est elle-même en caoutchouc ; un robinet, *r*, permet d'établir la pression atmosphérique dans cet appareil clos. Toute diminution de

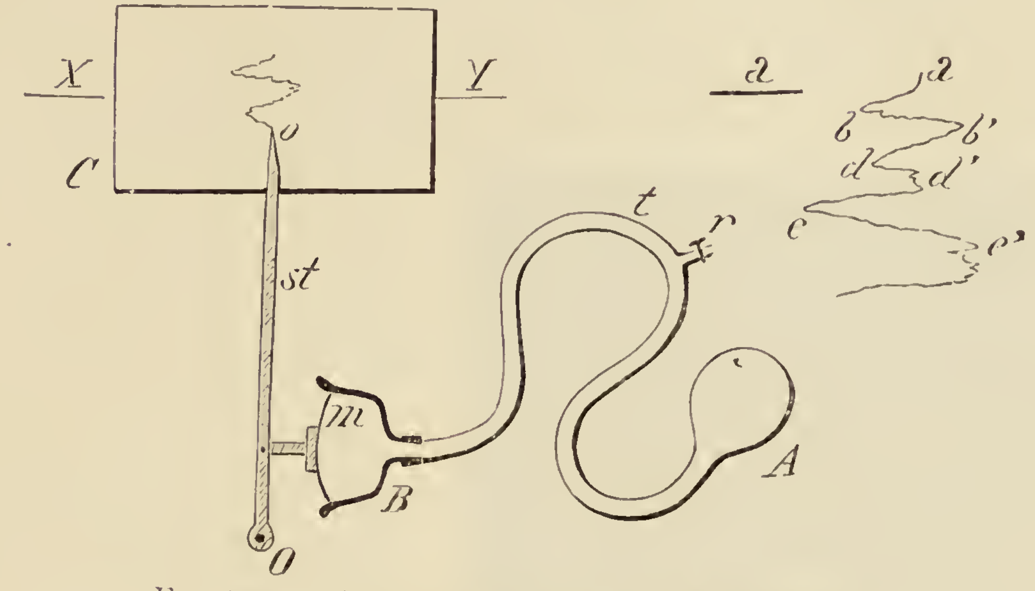


Fig. 75. — Figure schématique du cardiographe.

volume, éprouvée par la poire *A*, se traduit par un refoulement d'air en *B* et par une

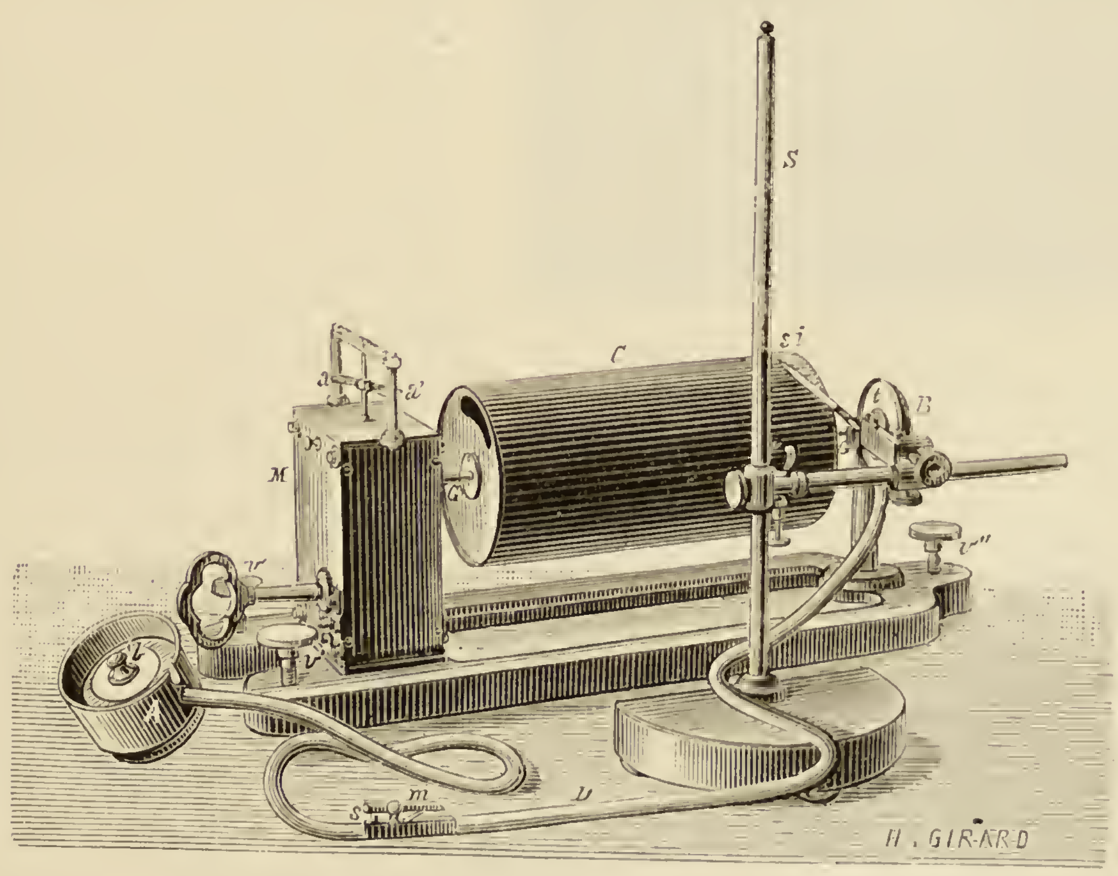


Fig. 76. — *Cardiographe.* — *A*, tambour et ampoule exploratrice réunie par un tube de caoutchouc, *D*, à l'ampoule réceptrice, *B* ; cette dernière est mobile le long d'un axe horizontal porté par le support vertical, *S*. — *s.i*, style inscripteur dont la pointe appuie légèrement sur le cylindre, *C*, mobile en rotation autour de son axe, *GG*, par le mouvement d'horlogerie, *M*.

distension de la membrane, *m*, en dehors. L'inverse se produit quand la poire *A* est soumise à une pression extérieure moindre ; elle se gonfle et la membrane, *m*, se

déprime vers le dedans de l'ampoule *B*. — Les mouvements de la membrane peuvent être transmis à un style, *st*, articulé au point *O* sur un pivot vertical fixe (projeté en *O* sur la figure 75).

La pointe *o* du style porte légèrement sur la surface d'un cylindre, mobile en rotation autour d'un axe horizontal, *XY*. Cette surface porte une feuille de papier blanc glacé, recouverte d'une petite couche de noir de fumée. Si le cylindre est fixe, la pointe du style, se déplaçant à gauche ou à droite, trace sur la feuille un trait blanc, *a* ; si le cylindre est mobile, les variations de position du style seront traduites par un trait *a,b,b'*, *d, d', e, e'*... ; l'amplitude variable *bb',dd',ee'* des sinuosités du trait exprime clairement les variations de la pression extérieure éprouvée par l'ampoule *A*.

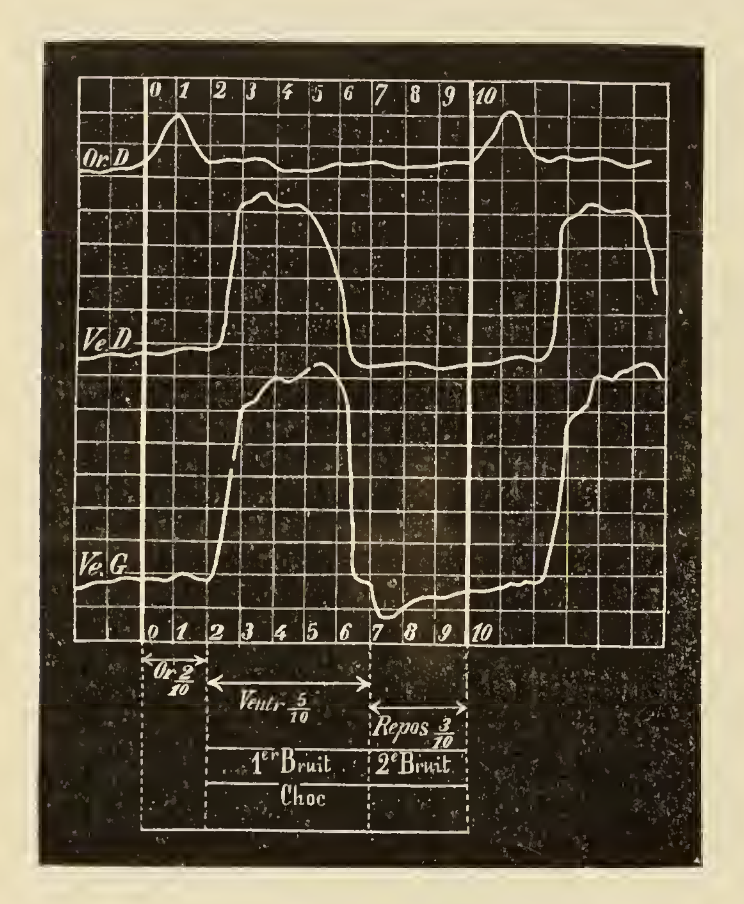


FIG. 77. — Courbes comparées des mouvements du cœur. — *Or.D*, oreillette droite ; *Ve.D*, ventricule droit ; *Ve.G*, ventricule gauche.

L'appareil (fig. 76) est disposé pour l'étude extérieure des battements du cœur chez l'Homme. La membrane de caoutchouc, qui limite en dehors le tambour *A*, porte un bouton, *b*, qu'on applique sur le 5e espace intercostal gauche. Les pressions successivement exercées sur l'ampoule *A* sont transmises à l'ampoule *B*, par le tube *D*. Cette dernière est pourvue du style inscripteur, *s.i*, qui enregistre sur le cylindre *C* les impulsions diverses données par le cœur au tambour *A*.

Comme il est impossible d'agir sur l'Homme pour déterminer la nature, l'intensité et la succession des contractions des cavités cardiaques, on soumet le Cheval à l'expérience. — Deux ampoules exploratrices pénètrent, par la veine jugulaire droite et la veine cave supérieure, jusque dans le cœur droit : l'une dans l'oreillette, l'autre dans le ventricule. On se contente d'explorer du dehors le ventricule gauche en y appliquant une troisième ampoule dans l'épaisseur de la paroi thoracique. Les 3 styles inscripteurs, dont les extrémités sont alignées sur une même génératrice du cylindre *C*, tracent simultanément les impulsions qui leur sont transmises.

Les 3 tracés obtenus, comparés entre eux, permettent de reconnaître l'époque, la durée et la nature des contractions de l'oreillette droite et des ventricules droit et gauche. On admet que les rapports existant entre les contractions de l'oreillette et du ventricule sont identiques pour les deux cœurs.

Les courbes obtenues sont représentées par la figure 77.

Leur interprétation nous amène aux conclusions suivantes :

Les *oreillettes* se remplissent peu à peu du sang que leur apportent les veines caves et les veines pulmonaires ; puis *elles se contractent toutes deux ensemble*, et leur contenu passe dans les ventricules correspondants. Les oreillettes entrent alors en diastole.

Les *ventricules*, une fois pleins, *se contractent simultanément à leur tour;* ils envoient le sang dans les artères aorte et pulmonaire dont les valvules sigmoïdes ont été écartées; puis ils se relâchent, sans que le sang des artères y puisse refluer, puisque les valvules sigmoïdes se sont rabattues.

Le cœur est en *diastole générale* pendant l'instant qui précède la prochaine systole des oreillettes.

Si on représente par 10 la durée d'une *révolution cardiaque* (temps écoulé entre 2 situations identiques et consécutives du cœur), la durée de la contraction des oreillettes = 2, celle de la contraction des ventricules = 5; le cœur se repose totalement pendant le temps 3.

Rôle des artères. *Pouls.* — Les grosses artères reçoivent *par intermittence* le sang que leur transmet le cœur; *grâce à l'élasticité de leur paroi, le jet* **intermittent** *qui traverse les artères principales se transforme en un jet* **continu** *pour les artérioles, les capillaires et les veines.*

En même temps, il y a économie du travail du cœur, ainsi que le prouve l'expérience suivante due à M. Marey :

Un vase de Mariotte, *A* (fig. 77 *bis*), est pourvu d'une tubulure *B* traversée par un tube en *Y* avec robinet, *r*; les 2 branches *a* et *b* de ce tube communiquent avec des canaux d'écoulement *de même section :* l'un, *t*, est en verre (paroi rigide); l'autre, *t'*, est en caoutchouc (paroi élastique).

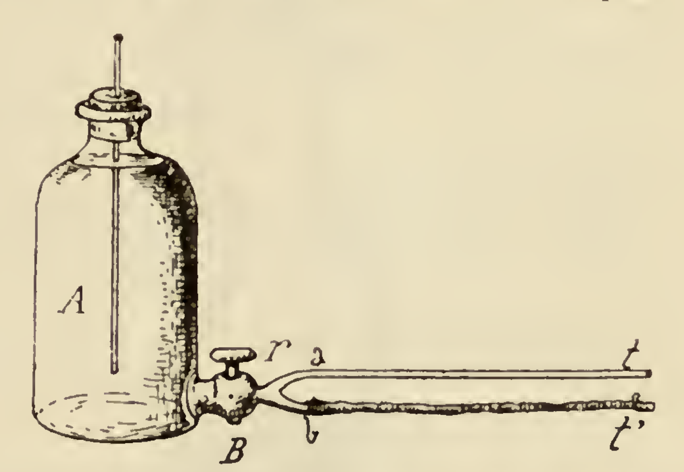


Fig. 77 *bis.* — Expérience de M. Marey. — *A*, vase de Mariotte; *r*, robinet servant à l'écoulement du liquide par les tubes *t* et *t'* (*t*, tube de verre; *t'*, tube de caoutchouc).

Pour un écoulement continu et sous une même pression, le débit par les canaux *t* et *t'* est le même. Mais, en ouvrant et fermant alternativement et très vite le robinet *r*, on remarque que, *sous une même pression*, *pour un écoulement intermittent*, le débit par le tube *t'* est continu et de beaucoup supérieur au débit discontinu du canal *t*.

De même, à égalité de force dans ses contractions, le cœur produit une circulation plus active, en lançant le sang dans les artères élastiques, que s'il l'engageait dans des tubes rigides.

Chaque contraction du ventricule gauche détermine l'envoi de 180 grammes de sang environ dans l'artère aorte (*ondée sanguine*); la colonne de sang contenue dans l'arbre aortique reçoit une augmentation de pression qui s'y propage rapidement et s'y traduit par une légère dilatation des artères et des artérioles. Le doigt appliqué sur une artère (l'artère radiale par exemple) reçoit, à chaque dilatation, une petite impulsion appelée *pouls*.

Le nombre normal des pulsations chez l'Homme adulte est de 72 par minute : il est plus grand chez l'enfant, moindre chez le vieillard.

Rôle des capillaires. — L'ensemble des vaisseaux capillaires constitue un véritable *lac sanguin* dans lequel baignent les organes ; la vitesse du sang y étant très faible, les cellules vivantes puisent dans le plasma les matériaux nécessaires à leur nutrition.

Rôle des veines. — Le sang circule dans les veines en se rapprochant du cœur. — Dans les veines supérieures, il progresse sous l'influence de son poids. — La pression provoquée par les ondées sanguines successives détermine sa marche dans les veines inférieures.

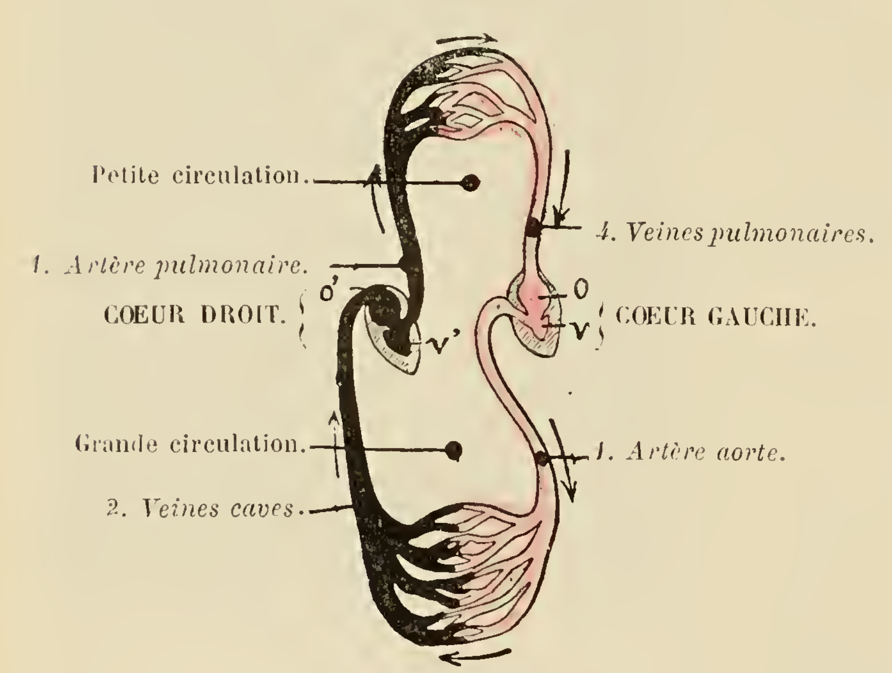


Fig. 78. — La circulation chez l'Homme [figure théorique].

La présence de valvules chez ces dernières s'oppose d'ailleurs au retour du sang en arrière.

Circulation du sang. — Elle comprend :

1° la *circulation générale* ou *grande circulation ;*

2° la *circulation pulmonaire* ou *petite circulation.*

Circulation générale. — Le sang rouge vermeil part du ventricule gauche, *v* (fig. 78), par l'artère aorte : il est réparti par l'arbre aortique dans tout l'organisme, et distribue les matières nutritives aux cellules vivantes par l'intermédiaire des vaisseaux capillaires. — De rouge vermeil et oxygéné qu'il était, le sang appauvri en oxygène s'enrichit en gaz carbonique et devient rouge foncé ; il est ramené à l'oreillette droite, *o'*, par les deux veines caves.

Telle est la *grande circulation :* le sang parti du cœur gauche (ventricule) revient au cœur droit (oreillette).

Circulation pulmonaire. — Le sang passe de l'oreillette droite, *o'*, dans le ventricule droit, *v'*, qui l'envoie dans les poumons ; le sang se revivifie dans ces organes et revient à l'état rouge vermeil dans l'oreillette gauche, *o*.

Découverte de la circulation du sang. — Vers le milieu du XVIe siècle, Michel Servet reconnut le mouvement du sang allant du ventricule droit à l'oreillette gauche, en traversant le poumon ; il avait ainsi découvert la *circulation pulmonaire.*

La *circulation générale* fut découverte par le médecin anglais Harvey, en 1628. Après avoir lié une artère, il remarqua qu'elle se gonflait au-dessus de la ligature, du côté du cœur, tandis qu'elle se vidait au-dessous ; liant une veine, il fit une remarque inverse.

Il vit ainsi que : 1° le sang rouge vermeil circule du ventricule gauche vers les organes, par l'artère aorte et ses ramifications ; 2° le sang rouge foncé revient des organes vers l'oreillette droite par les veines caves.

APPAREIL LYMPHATIQUE

Sa description. — *L'appareil lymphatique est un vaste réservoir occupant toutes les régions du corps.* Il consiste :

1° en un réseau de *capillaires lymphatiques*, accompagnant les vaisseaux sanguins dans tout le corps ;

2° en *vaisseaux chylifères*, naissant dans l'intestin.

Le *canal thoracique*, situé le long de la colonne vertébrale en avant, apporte à la veine sous-clavière gauche : la lymphe qu'il reçoit des chylifères, celle de tous les capillaires lymphatiques issus des membres inférieurs, de l'abdomen, de la partie gauche du thorax et de la tête, enfin du membre supérieur gauche.

Il présente, à son origine dans la région lombaire, un réservoir assez vaste appelé *citerne de Pecquet.*

Fig. 79. — Figure schématique montrant le réseau lymphatique, *A.l*, annexe du réseau veineux, *A.v.* — *A.a*, tronc aortique. Les flèches indiquent le cours du sang.

La *grande veine lymphatique droite* est un court canal, apportant à la veine sous-clavière droite la lymphe du membre supérieur droit, de la moitié droite de la tête et du thorax.

Vaisseaux et ganglions lymphatiques. — Les vaisseaux lymphatiques sont pourvus, à leur intérieur, de valvules saillantes (fig. 74, A et B) qui règlent le cours de la lymphe. — Ils présentent çà et là des *ganglions lymphatiques, siège d'une active multiplication des globules blancs.*

L'appareil lymphatique est une annexe de l'appareil veineux (fig. 79) : l'arbre aortique, *Aa*, envoie dans les capillaires sanguins du sang rouge vermeil qui revient à l'oreillette droite, *Od*, par deux voies : l'une directe, *A.r*, formée par les veines (sang rouge foncé) ; l'autre indirecte, *A.l*, formée par l'appareil lymphatique (lymphe).

§ 4. — INOCULATION DES MALADIES CONTAGIEUSES

Les Microbes peuvent pénétrer dans notre corps par toute brèche pratiquée : soit dans la peau, soit dans les muqueuses digestive et respiratoire. C'est là une **inoculation** naturelle, inconsciente.

Dans certains cas, cette inoculation est voulue, généralement en vue de la **vaccination.** La raison en est la suivante :

Toute Bactérie parasite de l'Homme, par exemple, *sécrète un* **virus**, mal connu encore, *capable d'affaiblir*, *de paralyser* ou *d'anéantir la résistance des globules blancs de l'organisme envahi ;* il en résulte alors une maladie microbienne, une ***maladie contagieuse.***

Mais la *virulence* d'un microbe peut être atténuée, si l'on introduit ce dernier dans un liquide nutritif spécial, si l'on en fait une *culture ;* dans ce cas, l'inoculation à l'Homme du *virus atténué* d'un microbe redoutable provoquera chez le patient une indisposition sans gravité, indisposition qui le préservera désormais, pour un certain temps, des atteintes du microbe à pleine virulence : tel est le principe de la **préparation des vaccins** et de la **vaccination.**

[L'inoculation peut donc être : soit celle du microbe lui-même, soit celle de son virus seulement, l'un et l'autre atténués au préalable].

Citons-en un exemple.

La **diphtérie**, connue sous les noms d'*angine diphtérique* ou *couenneuse* (maladie de la gorge), de *croup* (affectant le larynx), de *bronchite diphtérique* (ayant pour siège l'arbre pulmonaire), est une maladie grave qui a pour caractère la formation de *fausses membranes* sur la surface du pharynx, du larynx ou de la trachée-artère principalement. — Ces membranes tendent à boucher les orifices respiratoires, à déterminer l'asphyxie du malade, si elles ne sont pas enlevées au plus vite.

Or, la diphtérie est causée par un microbe appelé *Bacille de Klebs* qui, fixé dans les voies respiratoires par exemple, s'y multiplie rapidement et y provoque la production incessante des fausses membranes signalées plus haut.

En outre, ce Bacille, cultivé dans un liquide nutritif convenable, y déverse une *toxine*, un poison dont on peut vérifier ainsi les effets:

On filtre le bouillon de culture pour le séparer complètement des Bacilles qu'il renferme ; on en injecte une petite quantité à un animal (Lapin, Pigeon, Cobaye, etc.) *doué de réceptivité* pour la diphtérie; suivant la quantité de liquide injectée, la toxine provoque la paralysie plus ou moins compléte des muscles de l'animal en expérience (des muscles respiratoires en particulier), et l'animal peut mourir asphyxié.

Ainsi le **Bacille diphtérique**, *bien que localisé dans une région déterminée du corps, est funeste :* 1° *par la production de fausses membranes dans cette région ;* 2° *par la diffusion*, dans tout l'organisme, *de la toxine qu'il sécrète.*

Il n'existe pas encore, à la vérité, de vaccination préventive pour l'Homme contre la diphtérie ; elle a été récemment découverte pour le Cheval.

S'il ne tue pas le Bacille diphtérique, le sérum du Cheval ainsi immunisé détruit sa toxine tout au moins : en sorte que l'inoculation de ce sérum à l'Homme atteint de diphtérie, lui permet de lutter plus efficacement contre le microbe envahisseur.

On appelle **sérumthérapie**, *le traitement antidiphtérique pratiqué aujourd'hui chez l'Homme, à l'aide du sérum du Cheval vacciné contre la diphtérie* [traitement dû au docteur Roux].

Mode de vaccination du Cheval. — La toxine à inoculer est préparée en cultivant le microbe dans un bouillon au contact de l'air à 37° (température du corps); elle est séparée du microbe par filtration à travers la porcelaine. On en contrôle la virulence, en se basant sur ce qu'*un dixième de centimètre cube de bonne toxine tue un Cobaye de* 500 *grammes en* 48 *heures :* elle peut alors servir à vacciner le Cheval.

Les injections se font *progressivement* pour éviter de tuer l'animal : on commence avec une toxine atténuée par l'addition d'iode; on augmente peu à peu la dose jusqu'à 5 centimètres cubes tous les 2 jours; au bout de 6 semaines d'un pareil traitement, le Cheval est immunisé. — On saigne l'animal; le sang extrait se coagule ; on en sépare le sérum qui constitue le précieux remède.

RÉSUMÉ

Par la circulation, le **sang**, ***milieu intérieur de notre corps***, *porte aux organes les matériaux nécessaires à leur entretien : il en enlève* en même temps *les déchets.*

I. **Sang.** — Il comprend : le **sang rouge** et la **lymphe**.

Ces liquides sont composés de *globules*, nageant dans un liquide appelé *plasma*.

Le **sang rouge** renferme des *globules rouges*, des *globules blancs* (leucocytes) et des *hématoblastes.*

Les *globules rouges* sont des disques circulaires, concaves en leur milieu, de diamètre 7 μ; leur coloration est due à l'*hémoglobine* capable de fixer l'oxygène (oxyhémoglobine).

Les 4 à 5 litres de sang que possède l'Homme adulte, en contiennent 25 trillions.

Les *globules blancs*, plus gros et moins nombreux, ont une forme variable (prolongements amiboïdes des *phagocytes*).

Les *hématoblastes* sont des globules rouges en formation.

Le *plasma* est une dissolution aqueuse comprenant :
des principes *utiles* (oxygène, glucose, peptones, etc.);
des déchets (gaz carbonique, urée, acide urique, etc.).

La **lymphe** diffère surtout du sang rouge par l'absence de globules rouges. Elle provient : 1° du plasma du sang rouge qui a filtré à travers les vaisseaux capillaires; 2° du chyle puisé dans l'intestin.

Coagulation du sang. — Le sang, extrait de l'appareil circulatoire, se prend en un *caillot* [globules emprisonnés dans un réseau de fibrine] nageant dans le *sérum* [plasma sans fibrine].

II. **Appareil circulatoire. — Sa description.** — Il comprend :
1° l'**appareil proprement dit** où se déplace le sang rouge ;
2° l'**appareil lymphatique** où circule la lymphe.

Appareil circulatoire proprement dit.

- Composition générale : *Cœur* → *Artères* → *Vaisseaux capillaires* → *Veines.*
- **Cœur**
  - situé entre les deux poumons dans la cage thoracique.
  - composé
    - du cœur *droit* avec oreillette et ventricule } Valvules.
    - du cœur *gauche* — — }
  - Vaisseaux aboutissant
    - à l'O. D : 2 *veines caves.*
    - au V. D : 1 *artère pulmonaire.*
    - au V. G : 1 *artère aorte.*
    - à l'O. G : 4 *veines pulmonaires.*
- **Artères**
  - → *emportent le sang du cœur vers les organes.*
  - L'*artère pulmonaire* émet 2 branches (1 pour chaque poumon).
  - L'*artère aorte* conduit le sang à tous les organes.
- **Vaisseaux capillaires** : relient les artères aux veines.
- **Veines**
  - ← *rapportent le sang des organes vers le cœur.*
  - Les *veines caves* sont les voies de retour principales.
  - La *veine azygos* ramène le sang de la paroi du tronc.

2° Appareil lymphatique.

- *Canal thoracique* : reçoit la lymphe de la majorité des vaisseaux lymphatiques et de tous les chylifères.
- *Grande veine lymphatique droite* : reçoit la lymphe des vaisseaux lymphatiques (côté droit de la tête et du tronc).

Physiologie. — 1° *Cœur.* — *Le cœur est un muscle creux*, organe propulseur du sang, qui se contracte (*systole*) et se relâche (*diastole*) de 60 à 70 fois par minute.

Les oreillettes se contractent simultanément, immédiatement avant les ventricules qui se contractent simultanément aussi.

1° *Artères.* — Elles sont élastiques et musculaires.

Leur *élasticité* transforme le jet intermittent du sang en un courant continu dans les capillaires; leur *contractilité* règle la circulation dans les organes.

3° *Vaisseaux capillaires.* — Ils forment un *lac sanguin* où la vitesse du sang est faible de manière à assurer la nutrition des organes.

4° *Veines.* — Elles sont musculaires : leur *contractilité* active le retour du sang vers le cœur.

Circulation du sang.	*Circulation générale.*	Le sang rouge vermeil part du V. G par l'aorte, se répand dans les capillaires des organes et revient, rouge foncé, à l'O. D par les veines caves.
	Circulation pulmonaire.	Le sang rouge foncé part du V. D par l'artère pulmonaire, se répand dans les poumons et revient, rouge vermeil, à l'O. G par les veines pulmonaires.

III. **Inoculation des maladies contagieuses.** — La pénétration de certains Bacilles dans notre organisme et leur multiplication y peuvent provoquer l'éclosion d'une maladie. — Il y a, dans ce cas, **inoculation** inconsciente.

Tout Bacille sécrète un virus. — *Cultivé* dans un bouillon nutritif spécial, le Bacille perd de sa virulence et devient moins dangereux pour l'organisme qu'il envahit.

Si donc on inocule à l'Homme un Bacille ou son virus, *obtenus par culture*, l'un et l'autre *atténués* de ce fait, le patient contractera une maladie moins redoutable, qui le mettra à l'abri des atteintes du même microbe dangereux. — C'est *en cela* que *consiste la* vaccination.

IV. — NUTRITION DE LA CELLULE

Le sang porte aux cellules de l'organisme les matériaux nutritifs liquides et gazeux qu'il a *absorbés* dans le tube digestif et dans l'appareil respiratoire. — Chaque cellule vivante y puise les principes qui lui sont utiles et se les *assimile*, c'est-à-dire qu'elle les transforme en sa propre substance. — Le protoplasme de la cellule travaille, produit des déchets qui en sont éliminés, *excrétés* et balayés par le sang.

Le sang est donc **un liquide réparateur et un collecteur de déchets**. — Il remplit ces deux rôles sans interruption.

Le sang est un liquide réparateur. — Pendant la digestion, le sang, qui s'éloigne de l'intestin par la veine porte, est plus riche en matériaux nutritifs qu'à tout autre moment (glucose, peptones, graisses y sont abondants); certaines cellules ont pour fonction de retirer du sang et de *conserver en réserve* cet excès de principes utiles, qu'elles lui restituent peu à peu lorsqu'il en a été appauvri par l'organisme.

Le sang est un collecteur de déchets. — Nos organes souffriraient vite de l'accumulation du gaz carbonique, de l'urée, etc., dans le sang, si des cellules spéciales n'avaient pour rôle de les en retirer. — On appelle **cellules glandulaires** ces cellules spéciales *qui travaillent non seulement pour leur entretien*, *mais dans l'intérêt de l'organisme entier*.

Les phénomènes de nutrition (***assimilation*** et ***désassimilation***) s'accomplissent dans toute cellule vivante;

les phénomènes plus spéciaux de ***sécrétion*** et d'***excrétion*** sont réalisés dans la cellule glandulaire.

SANG NUTRITIF	Oxygène. Glucose. Peptones. Graisses. Sels, etc.	→ Assimilation. →	**Cellule vivante.**	→ Désassimilation. →	Gaz carbonique. Urée. Acide urique. Sels, etc.	SANG IMPUR

§ 1. — ASSIMILATION ET DÉSASSIMILATION CELLULAIRES

Assimilation. — La cellule vivante, baignée par le plasma sanguin, y fait le choix des principes qui lui sont utiles, en vertu de la loi suivante :

La consommation règle l'absorption.

Ainsi, dans le même temps, la cellule musculaire puise dans le sang plus d'hydrates de carbone que la cellule nerveuse; celle-ci exige plus de matières azotées, en retour.

Une cellule **très active** *consomme plus d'un même principe que lorsqu'elle est* **dans un repos relatif**: le sang, qui sort d'un muscle contracté, renferme moins d'oxygène et de glucose que celui qui sort d'un muscle au repos.

L'assimilation d'une substance est précédée de sa *réduction* (perte d'oxygène) et de sa *déshydratation* (perte d'eau).

Désassimilation. — Les matières *désassimilées*, rejetées par la cellule vivante dans le sang, résultent au contraire de l'*oxydation* et de l'*hydratation* des substances qui composaient le protoplasme. — Parmi ces matières, on peut signaler le *gaz carbonique*, l'*eau*, l'*urée*, etc.

§ 2. — SÉCRÉTION ET EXCRÉTION GLANDULAIRES

La cellule glandulaire *sécrète*, aux dépens du plasma sanguin, certains produits qu'elle accumule dans son sein.

Quand elle est gorgée de ces produits qu'elle a élaborés, elle les rejette, *elle les excrète.*

L'urine, la sueur sont rejetées définitivement; les sucs digestifs jouent un rôle physiologique après leur émission.

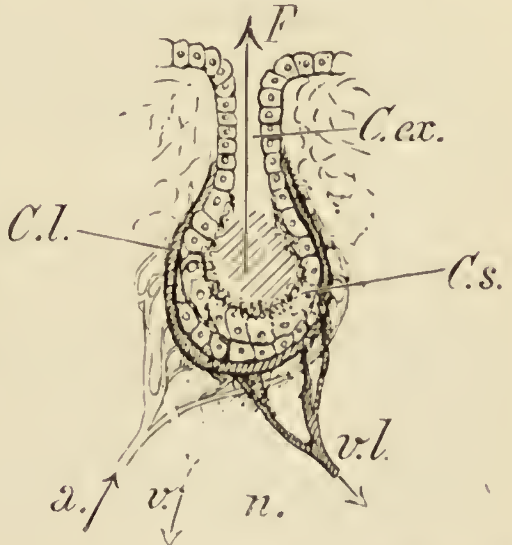


FIG. 80. — Coupe schématique d'une glande. — *C.s*, cellules sécrétrices; *C.ex*, conduit excréteur; *a*, artère; *v*, veine; *v.l.* vaisseau lymphatique; *n*, nerf. — *F*, direction suivie par la substance excrétée.

GLANDES

On appelle **glande** un groupe de cellules glandulaires ayant la même fonction.

Une glande forme, quand elle est *simple*, un cul-de-sac tapissé par les cellules sécré-

trices, *C.s* (fig. 80); un canal excréteur, *C.ex*, conduit au dehors les produits de la glande.

Toute glande est irriguée par une artériole, *a*, qui y amène le sang et par une veinule, *v*, qui l'en emporte; des vaisseaux lymphatiques, *v.l*, prennent naissance dans la gaine lymphatique qui baigne la glande en quelque sorte; des filets nerveux, *n*, président à sa fonction.

Classification des glandes. — Par leur **rôle**, les glandes peuvent être classées en :

1° **Glandes digestives** [*glandes salivaires*, *gastriques et intestinales; pancréas*, *foie*];

2° **Glandes nutritives proprement dites** [*foie* produisant le glycogène, *cellules adipeuses* remplies de graisse, etc.];

3° **Glandes excrétrices** [*poumons* rejetant le gaz carbonique; *reins* excrétant l'urine; *glandes sudoripares* rejetant la sueur, etc.].

1° Glandes digestives

Elles ont été étudiées lors de la digestion.

2° Glandes nutritives proprement dites

Ces glandes, où sont produites et accumulées les *réserves* alimentaires, sont :

le **foie**, qui met en réserve le glucose à l'état de *glycogène;*

les **cellules adipeuses**, où s'accumulent les *graisses*.

Le foie est un laboratoire de réserves. — *Il fabrique aux dépens du sang du* **glycogène**, *des* **graisses** *et des* **matières azotées** *qu'il transforme en matières utilisables, restituées au sang quand il en est besoin.*

Le foie produit du **glycogène**. — *Pendant les digestions*, le sang de la veine porte (qui se rend de l'intestin au foie) est plus riche en sucre que celui des veines sus-hépatiques (qui se rendent du foie à la veine cave inférieure); l'inverse a lieu *dans l'intervalle de deux digestions* consécutives.

Ainsi *le foie arrête au passage une partie du sucre que contient en abondance la veine porte pendant les digestions;* ses cellules déshydratent le sucre et emmagasinent du *glycogène :*

telle est la ***fonction glycogénique*** du foie.

$$\underset{\text{Glucose.}}{n(C^6H^{12}O^6)} - \underset{\text{Eau.}}{n\,H^2O} = \underset{\text{Glycogène.}}{(C^6H^{10}O^5)^n}.$$

Quand le sang est appauvri en sucre, les cellules du foie

fixent de l'eau sur le glycogène et le transforment en sucre restitué au sang :

telle est la ***fonction saccharifiante*** du foie.

On peut obtenir beaucoup de glycogène en laissant des fragments de foie frais ou des moules fraîches pendant 5 minutes dans l'eau bouillante légèrement acidulée : le liquide obtenu est filtré dans une éprouvette à demi pleine d'alcool ; à mesure que les gouttelettes liquides tombent dans l'alcool, le glycogène se précipite sous forme d'une substance blanche.

Le glycogène, soluble dans l'eau, prend avec l'iode une teinte rosée.

Par une nutrition abondante, le foie s'enrichit aussi en graisses *et en* matières azotées qui en augmentent le poids.

Le foie est donc une glande biliaire (p. 26) *et un grenier d'abondance pour l'organisme.*

Les cellules adipeuses sont le siège principal de réserve des graisses. — *Quelle que soit la nature d'une alimentation abondante*, les cellules formant la partie profonde de la peau, celles qui avoisinent le cœur, les reins, etc., se chargent de graisse (fig. 81); elles sont dites *adipeuses*.

FIG. 81. — Cellules adipeuses renfermant quelques globules de graisse en *a* ; *b*, *c*, les gouttelettes sont plus grosses ; *d*, cellule envahie totalement.

Les graisses forment une réserve alimentaire, utilisée par le malade contraint à une abstinence prolongée.

Les animaux hibernants se sont engraissés à l'automne en mangeant abondamment (Ours, Marmotte, Écureuil) ; ils se réveillent amaigris au printemps.

La graisse est lentement *brûlée*, avec production de gaz carbonique et de vapeur d'eau ; cette combustion est accompagnée d'un dégagement de chaleur.

Le sang est le siège temporaire d'une réserve d'oxygène. — *L'oxygène est mis en réserve dans notre organisme*, pendant la nuit principalement (p. 64); ce gaz sera utilisé pour les combustions énergiques qui accompagnent le travail plus actif du jour.

3° GLANDES EXCRÉTRICES.

Ces glandes rejettent de l'organisme les principes nuisibles recueillis par le sang.

Ce sont :

les **poumons**, rejetant le gaz carbonique;

les **reins** et les **glandes sudoripares**, qui éliminent l'urée, l'acide urique, etc.

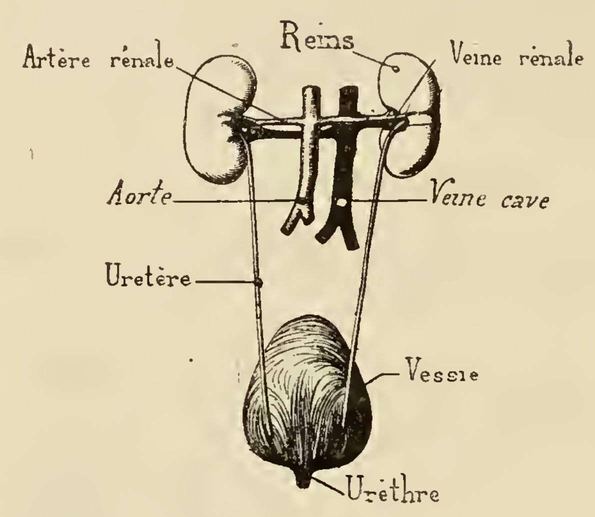


FIG. 82.
L'appareil urinaire de l'Homme.

Poumons. — L'air, exhalé des poumons de l'Homme en 24 heures, contient 18 grammes de gaz carbonique et 400 grammes de vapeur d'eau.

Appareil urinaire. — Chez l'Homme, cet appareil se compose de 2 *reins* (fig. 82), produisant l'*urine* que conduisent les *uretères* à la *vessie;* l'urine, accumulée dans la vessie s'écoule au dehors par un canal unique, l'*urèthre*.

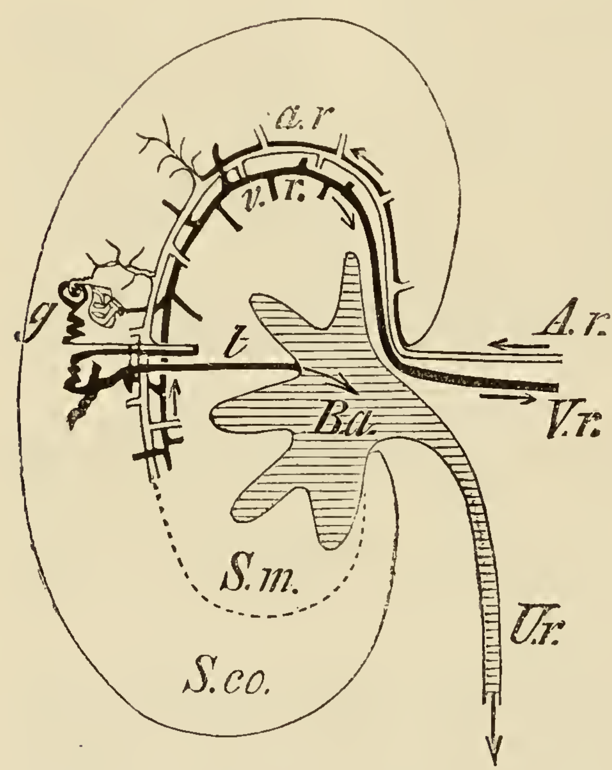


FIG. 83. — Figure schématique du rein vu en coupe. *Ur*, uretère, *Ba*, bassinet; *S.m*, substance médullaire; *S.co*, substance corticale; *t*, tube urinifère débouchant au sommet d'une pyramide de Malpighi; il s'enfonce dans la substance du rein, s'y ramifie et se termine par des capsules de Bowmann, *g*. — *A.r*, artère rénale et ses branches *a.r*; — *V.r*, *v.r*, veine rénale et ses branches.

Reins. — Les reins sont logés dans la cavité abdominale, de chaque côté de la colonne vertébrale (région lombaire).

Ils ressemblent à deux haricots dont les *hiles* sont en regard; chacun d'eux pèse 160 grammes environ.

L'artère aorte envoie à chaque rein une *artère rénale*, qui s'y ramifie; le sang en est ramené par une *veine rénale*, qui aboutit à la veine cave inférieure.

Structure du rein. — Une coupe longitudinale, passant par le plan de symétrie du rein (fig. 83), montre l'uretère, *U.r*, débouchant dans un réser-

voir appelé *bassinet*, *Ba*; la paroi du bassinet est limitée par les *pyramides de Malpighi*, dont le sommet est percé de nombreux petits orifices où aboutissent les tubes urinifères, *t*.

La paroi du rein comprend : la *substance médullaire* interne, d'un rouge foncé, *S. m*; la *substance corticale* externe, jaunâtre et granuleuse, *S.co*.

Un *tube urinifère*, *t*, pénètre dans la paroi du rein en se ramifiant; chacun de ses rameaux présente une forme contournée compliquée [*tube droit de Bellini*, *anse de Henlé*, *tube contourné*] et se termine par une coupe appelée *capsule de Bowmann*.

La substance corticale du rein renferme des millions de capsules semblables.

Or l'artère rénale, *A.r*, émet dans la substance du rein des artérioles, *a.r*, ramifiées elles-mêmes en réseaux capillaires qui sont contenus dans les capsules de Bowmann.

Le sang, apporté par les artérioles, traverse un premier système de capillaires, pénètre dans une *veine porte rénale*, puis dans un deuxième système de capillaires; il est enfin recueilli par une veinule, *v.r*, rameau de la veine rénale, *V.r*.

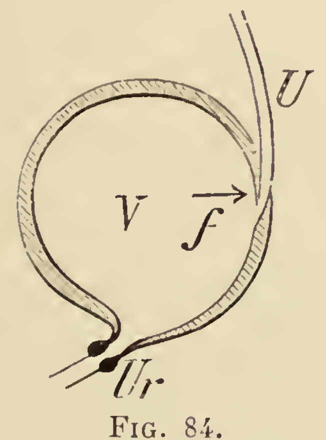


Fig. 84.
V, Vessie; *U*, uretère; *Ur*, urèthre.

Excrétion urinaire. — L'urine est extraite du sang par le tube urinifère qu'elle suit dans tout son trajet; parvenue au sommet d'une pyramide de Malpighi, elle tombe dans le bassinet, s'engage dans l'uretère, puis dans la vessie située à la partie inférieure de l'abdomen (fig. 84).

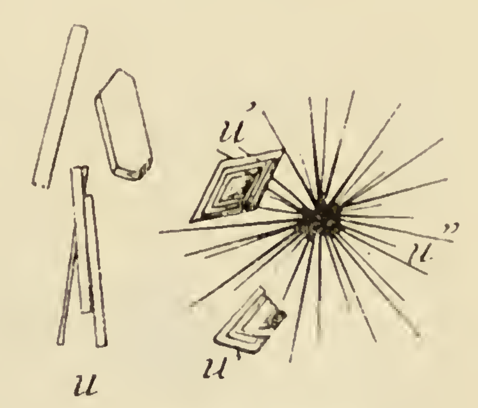


Fig. 85. — Cristaux : d'urée, *u*; d'acide urique, *u'*; d'urate de sodium, *u''*.

Les uretères, *U*, débouchent dans la vessie sous un angle très aigu; aussi, la vessie une fois pleine, l'urine ferme les uretères par la pression qu'elle exerce contre la paroi, en *f*.

Le rejet de l'urine a lieu par le canal de l'*urèthre*, *Ur*.

De l'urine. — C'est un liquide jaune, légèrement acide ;

il est composé d'eau (96 pour 100), tenant en dissolution de l'*urée*, de l'*acide urique* (fig. 85), du *sel marin* et autres sels minéraux.

L'Homme rejette en 24 heures environ 1 500 grammes d'urine [dont 30 à 34 grammes d'urée et $0^{gr},8$ d'acide urique].

L'*urée*, abandonnée à l'air, s'hydrate sous l'influence d'une Bactérie appelée *Microcoque de l'urée* (fig. 60, *A*); elle forme du carbonate d'ammoniaque.

L'*acide urique* est libre, ou combiné à des bases sous forme d'urates; si la production en est trop abondante, il se forme des cristaux (*calculs urinaires*) dont l'évacuation douloureuse provoque les *coliques néphrétiques;* ces concrétions, localisées dans les articulations, causent la *goutte*.

L'urée et l'acide urique sont des produits de désassimilation des matières azotées de l'organisme.

Glandes sudoripares. — Au nombre de 2 millions environ, ces glandes produisent la *sueur* qui humecte la peau.

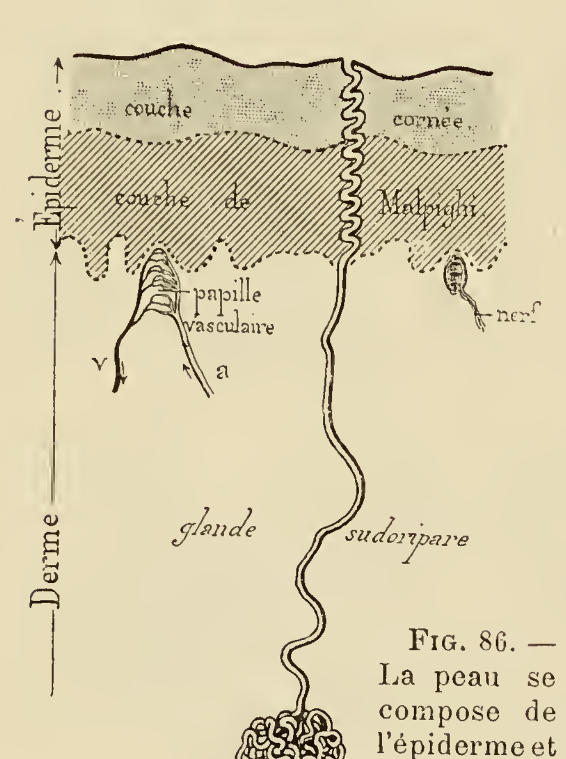


FIG. 86. — La peau se compose de l'épiderme et du derme; elle renferme des *glandes sudoripares*, des *vaisseaux sanguins* qui la nourrissent et des *nerfs* qui lui donnent la sensibilité.

Une glande sudoripare consiste en un tube étroit, long de 2 millimètres environ, enroulé à son extrémité fermée (fig. 86); ce tube est pourvu d'un canal excréteur qui traverse le derme et l'épiderme.

Par leur nombre, les glandes sudoripares forment un appareil excréteur important; la masse en équivaut à peu près au quart de celle des reins.

De la sueur. — La sueur est un liquide alcalin, composé d'eau (99 pour 100) tenant en dissolution du *sel marin*, un peu d'*urée* et divers autres principes.

L'Homme rejette normalement en 24 heures 1 200 grammes de sueur [dont 2 grammes d'urée] et du gaz carbonique. La sueur s'évapore à la surface de la peau; elle la refroidit d'autant plus qu'elle est produite en plus grande quantité :

Ainsi *la fonction sudorale contribue à régulariser la température de notre corps.*

Les glandes excrétrices comprennent aussi les **glandes sébacées**, situées généralement à la base des poils (fig. 87).

Les glandes sébacées sécrètent une matière épaisse (*sébum*) qui imprègne les poils et la surface de la peau, en s'opposant à leur dessiccation.

La **rate**, glande d'un rouge violacé, située à gauche de l'estomac dans la cavité abdominale, est le lieu de *formation de globules blancs* et *de jeunes globules rouges*. — On trouve ces globules en abondance dans la veine splénique qui en part.

§ 3. — CHALEUR ANIMALE

La chaleur est nécessaire à la vie.

Si l'on compare la température t du corps d'un animal à la température t' du milieu dans lequel il vit (air ou eau), on remarque que t est plus grand que t'.

1° La température t de l'animal peut demeurer à peu près *invariable*, quelle que soit la température t' du milieu extérieur : c'est le cas des Mammifères et des Oiseaux, appelés *animaux à* **température constante.**

2° La température t de l'animal varie dans le même sens que la température t' du milieu extérieur, tout en lui demeurant plus ou moins supérieure : c'est le cas des Reptiles, des Amphibiens, des Poissons et de tous les Invertébrés, dits *animaux à* **température variable.**

Il faut bannir les expressions : *animaux à sang chaud*, *animaux à sang froid*, appliquées aux 2 catégories que nous venons d'établir.

On ne peut appeler *animal à sang froid* ni le Boa qui, en couvant ses œufs, atteint parfois une température égale à celle des Oiseaux, ni les Insectes dont la température est supérieure à 20° parfois pendant leur vol, etc.

Détermination de la température du corps de l'Homme. — Le médecin détermine approximativement la température moyenne du corps de son malade, quand il lui place le réservoir d'un thermomètre très sensible dans la bouche, sous l'aisselle du bras appliqué contre le corps, dans le pli de l'aine ou bien dans le rectum.

Mais on peut, par un procédé spécial, déterminer la *température exacte* des diverses régions du corps.

De telles recherches ont donné les résultats suivants :

1° *La température des organes du corps est comprise entre* 37° *et* 38°,5.

2° *La température des organes superficiels est moindre que celle des organes profonds.*

3° *La température du cœur droit est supérieure à celle du cœur gauche.*

4° *La température du foie est la plus élevée* (38°,2).

5° *La température de l'aorte et de ses branches principales est constante* (37°,5).

Lavoisier voyait dans le poumon le siège de la combustion respiratoire [p. 65]; il pensait que la température de cet organe est la plus forte. L'expérience montre, au contraire, que le sang se refroidit dans le poumon, au contact de l'air froid provenant du dehors.

Équilibre thermique chez les animaux à température constante. — Nos organes sont le siège de réactions chimiques accomplies avec absorption ou dégagement de chaleur; nous échangeons aussi de la chaleur avec le milieu extérieur (air).

La température de notre corps dépend donc :

1° de *la chaleur que nous produisons ;*
2° de *la chaleur que nous perdons.*

1° Les principales **sources de chaleur** pour le corps humain sont : le *travail musculaire*, la *sécrétion des glandes*, le *travail du cerveau* et l'*oxydation de l'hémoglobine* dans les *poumons.*

a) **Travail musculaire.** — Un muscle qui se contracte possède une température plus élevée que s'il est au repos :

Le muscle biceps d'un ouvrier indiquait 36°5, avant qu'on lui eût fait scier du bois; au bout d'un quart d'heure de travail, la température de ce muscle atteignit 37°4.

Le muscle en travail est, en effet, le siège d'une combustion active du sucre et des corps gras que le sang lui apporte. [Le sang qui sort d'un muscle contracté est plus noir, plus riche en gaz carbonique que le sang qui sort du même muscle au repos.]

b) **Travail glandulaire.** — Les glandes salivaires, le foie, etc., en état de sécrétion active, subissent une élévation de température de plusieurs degrés.

c) **Travail cérébral.** — La suractivité cérébrale est accompagnée d'une combustion plus intense des matières azotées; aussi le sang s'enrichit-il beaucoup en urée dans ce cas.

d) **Oxydation de l'hémoglobine.** — Ce phénomène, qui s'accomplit dans les poumons, est une source de chaleur importante pour l'organisme.

2° Les principales **causes de déperdition de chaleur** sont : le *rayonnement de la peau*, la *transpiration* à la surface de la peau et des poumons, l'*absorption d'aliments plus froids* en général *que les excréments rejetés.*

Ces causes de déperdition sont variables avec la température extérieure; aussi devons-nous lutter contre les variations de température de l'air.

Nous luttons **contre le froid** :

d'une manière consciente, en cherchant un abri, en nous

couvrant de vêtements pelucheux, en nous livrant à des exercices musculaires violents compensés par une alimentation abondante ;

d'une manière inconsciente, par une respiration et des combustions internes plus actives, par la formation d'une réserve de graisse plus ou moins grande sous la peau, par un revêtement de *poils* qui conserve à la surface de notre corps une couche d'air, mauvaise conductrice et préservatrice des variations de la température extérieure.

Nous luttons **contre l'excès de chaleur :**

d'une manière consciente, par un repos complet au milieu du jour, par la recherche d'un abri contre le rayonnement solaire, en nous couvrant de vêtements laineux qui conservent une couche d'air mauvaise conductrice entre le corps et l'air brûlant du dehors ;

d'une manière inconsciente, en produisant une plus grande quantité de sueur qui s'évapore à la surface de la peau.

§ 4. — LES ANIMAUX A TEMPÉRATURE CONSTANTE

On range les **Mammifères** et les **Oiseaux** sous le nom d'*Animaux à température constante*.

Ils sont préservés contre les variations de température de l'air ambiant par un revêtement de *poils* (Mammifères) ou de *plumes* (Oiseaux).

Poils. — Les poils sont des productions de la peau, dues au développement de l'épiderme dans la profondeur du derme (fig. 87) ; chez le Mouton par exemple, ils consistent en brins plus ou moins contournés, longs de 2 à 30 centimètres.

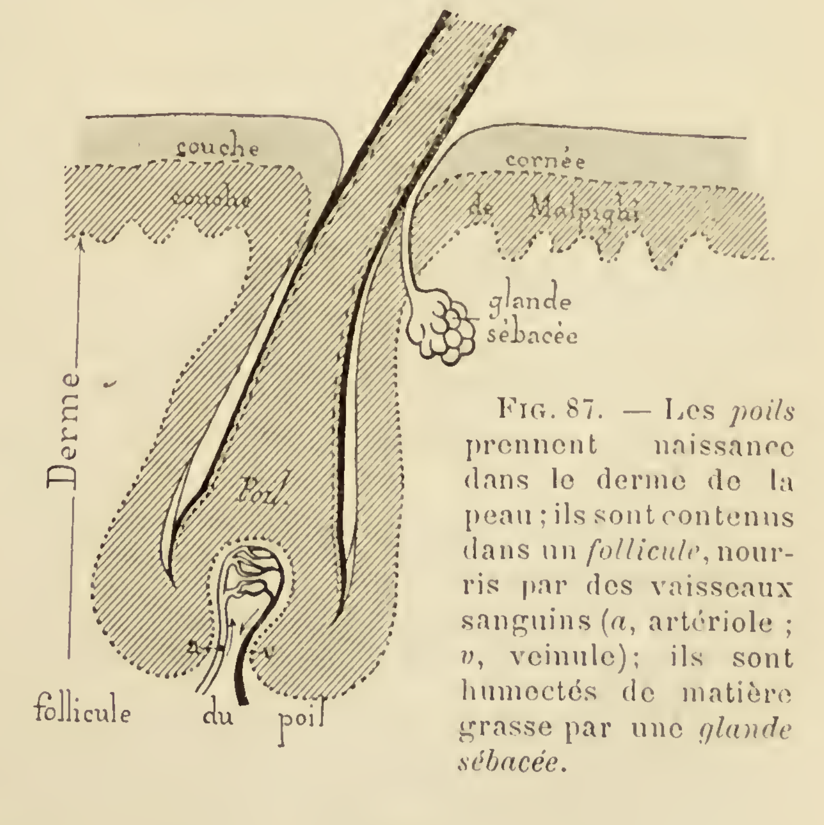


FIG. 87. — Les *poils* prennent naissance dans le derme de la peau ; ils sont contenus dans un *follicule*, nourris par des vaisseaux sanguins (*a*, artériole ; *v*, veinule) ; ils sont humectés de matière grasse par une *glande sébacée*.

Les Mammifères en possèdent 2 sortes, en général :

les uns, courts et fins, forment le *duvet* épais qui constitue la **fourrure** des animaux habitant les pays froids (Martre, Hermine) ;

les autres, longs, raides et peu fournis, appelés *jarres*, se rencontrent chez les animaux des pays chauds (Lion, Éléphant).

Toutes les formes de transition existent entre ces 2 sortes de poils ; les animaux habitant les régions tempérées modifient souvent leur robe avec la saison ; ils *muent*. — La robe d'hiver est généralement plus claire que celle d'été ; il est facile de l'observer chez l'Écureuil, rouge-brun en été, gris en hiver (de là le nom de *petit-gris* donné à la fourrure de l'Écureuil qui vit dans les régions boréales).

On appelle : *laine*, la toison du Mouton ; *soies*, les poils du Porc ; *crins*, ceux du Cheval ; *piquants*, les longues pointes qui protègent le Porc-Épic et le Hérisson.

Griffes, *ongles*, *sabots* sont des formations de même nature que les poils.

Fig. 88. — Plumes : A. grande plume ; *t*, tuyau ; *r*, rachis ; *b*, barbes ; — A gauche, une barbe *b*, portant les barbules crochues *b'*. — B, Plume à barbules disjointes.

Plumes. — Les *plumes*, dont le corps des Oiseaux est couvert, sont toutes dirigées d'avant en arrière. — Elles n'ont pas toutes la même structure :

Les plus grandes ou *pennes* sont : les plumes des ailes appelées *rémiges* et *tectrices*, celles de la queue appelées *rectrices*.

Une plume *A* (fig. 88), présente une hampe composée d'un *tuyau*, *t*, surmonté d'un *rachis*, *r*, avec les *barbes*, *b*.

Les barbes sont munies de *barbules* en crochet, *b'*, qui les retiennent les unes aux autres ; grâce à ce dispositif, la plume est une véritable me aérienne.

Les barbes sont indépendantes chez les Autruches.

Le *duvet*, *B*, est formé de plumes avec des filaments longs et fins (Cygne, Oie, Eider).

Les plumes facilitent le vol de l'Oiseau et emprisonnent une couche d'air chaud autour de son corps. — Les Oiseaux nageurs comme le Cygne, tout en lissant leurs plumes avec leur bec, les imprègnent d'une matière grasse que sécrète une *glande uropygienne* placée sous la queue.

Vêtements. — L'Homme appartient à la catégorie des Êtres à température constante. Insuffisamment protégé contre les variations de l'air extérieur en général, il doit lutter

pour assurer à ses organes cette constance de la température, indispensable à leur fonctionnement normal; il y parvient grâce à l'emploi de *vêtements* appropriés.

Le vêtement couvre et protège la peau; mais il ne doit entraver en rien ses fonctions [respiration cutanée, transpiration, sécrétion sudoripare, etc.]. Son ampleur doit être telle que ni les mouvements respiratoires, ni la circulation n'en soient contrariés; de plus le linge de corps, absorbant les produits de l'excrétion cutanée, doit être fréquemment renouvelé [condition essentielle d'une bonne hygiène].

Origine des vêtements. — Nous utilisons des vêtements d'origine animale ou végétale.

La **peau des animaux**, convenablement préparée et garnie de ses poils, sert à fabriquer des *fourrures;* dépourvue de ses poils, elle fournit le *cuir* des chaussures et de vêtements spéciaux; les poils détachés servent à faire les *vêtements de laine* et le *feutre.*

Les chasseurs tuent, de préférence en hiver, les animaux recherchés pour leur *fourrure ;* notamment l'Ours blanc, le Renard bleu, le Vison, l'Hermine, la Loutre, la Martre, l'Écureuil, etc. — La robe du Lion, du Tigre, de la Panthère, de l'Ours, etc., est recherchée plutôt pour faire des tapis de prix.



Fig. 89. — Le Chanvre (pied mâle à gauche, pied femelle à droite).

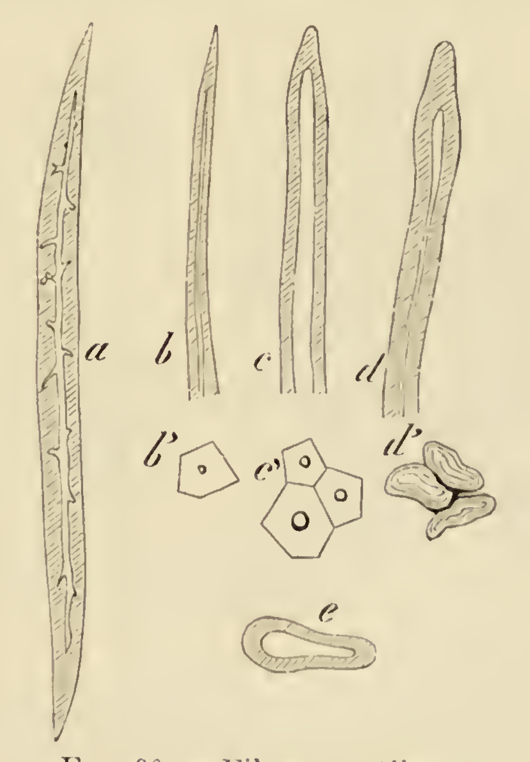


Fig. 90. — Fibres textiles : *a*, forme générale; *b*, Lin; *c*, Jute; *d*, Chanvre; *b'*, *c'*, *d'*, sections des mêmes fibres; *e*, section d'une fibre de Ramie.

L'industrie du *cuir* emploie les peaux de Veau, de Vache et de Cheval, pour le cuir *mou;* celles de Bœuf, de Buffle, pour le cuir *fort.* Les peaux d'Agneau et de Chevreau sont utilisées pour la ganterie et la cordonnerie.

La *laine* du Mouton, le *poil* de la Chèvre servent à confectionner les draps, flanelles et couvertures de laine; avec le poil du Lama, on tisse l'étoffe légère appelée

alpaga. — Les poils extraits des peaux de Lapin, de Lièvre, foulés et entrecroisés en tous sens, forment le *feutre* des chapeaux.

La **soie**, sécrétée par le Bombyx du Mûrier, entre pour une large part dans la confection des vêtements de luxe. — Les **plumes** des Oiseaux sont principalement employées comme ornement, sauf le duvet.

Les **fibres textiles** du Lin et du Chanvre, le **coton**, retirés des végétaux, servent principalement à la préparation du linge de corps.

Ces fibres textiles, contenues dans les tiges du Lin et du Chanvre (fig. 89), sont rendues indépendantes les unes des autres par le *rouissage*, suivi du *peignage ;* on les travaille à la filature pour la fabrication des toiles.

Le *rouissage* consiste à faire séjourner au fond de l'eau, pendant près de 15 jours, les tiges de Chanvre, de Lin, etc. ; celles-ci sont envahies par un microbe, le Bacille Amylobacter (fig. 51) qui détruit tous les éléments de la tige, sauf les fibres. Il suffit alors de prendre par paquets les tiges ainsi altérées, de les faire passer entre les pointes d'acier de peignes de plus en plus fins, pour isoler les fibres.

Le **Chanvre**, cultivé dans les terres fraîches et fertiles de nos pays, présente des pieds de 2 sortes : les uns, plus petits, ne portent que des fleurs avec étamines [ce sont les *pieds mâles*], les autres, plus grands et plus forts, ne portent que des fleurs à pistil [ce sont les *pieds femelles*, que les cultivateurs appellent à tort les pieds mâles]. — Avec ses fibres assez grossières (fig. 90, *d*), on fabrique de la toile.

Le **Lin** se complaît dans les terres fertiles du Nord. — Ses fibres sont très fines (*b*) et employées pour fabriquer le linge fin, les dentelles.

Le **Cotonnier** (fig. 91), qui vit en Amérique, donne des graines enveloppées d'un duvet qu'on emploie en filature sous le nom de *coton*.



Fig. 91. — Le Cotonnier. — A droite, le fruit ouvert montre le duvet qui enveloppe les graines.

Valeur hygiénique du vêtement. — La **texture des étoffes** a une grande influence sur l'efficacité de leur rôle protecteur contre le froid ou l'excès de chaleur.

L'*étoffe de laine* (drap, flanelle), aux fibres ondulées, emmagasine une notable quantité d'air, mauvais conducteur de la chaleur ; aussi préserve-t-elle le corps aussi bien contre le froid que contre l'excès de la chaleur extérieure : dans le premier cas, l'air, échauffé au contact du corps, forme un écran protecteur contre tout refroidissement extérieur ; dans le second cas, un phénomène inverse se produit.

Les *fourrures*, le *duvet* jouissent des mêmes propriétés.

Le *molleton de coton*, à texture lâche, pelucheuse et légère, se rapproche de l'étoffe de laine, pour la même raison.

On peut conserver longtemps de la glace bien enveloppée dans une flanelle. C'est de flanelle que se couvrent les Arabes pour éviter les trop vifs rayons du soleil.

Par contre, le *tissu de chanvre* aux fibres droites (toile) est serré et emprisonne une couche d'air à peu près négligeable; aussi joue-t-il un rôle protecteur à peu près nul.

La **couleur du vêtement** n'est pas sans importance : alors qu'une étoffe noire absorbe beaucoup de chaleur et en rayonne beaucoup aussi, l'étoffe blanche agit tout à l'opposé.

On sait que les vêtements noirs sont insupportables par les chaleurs excessives; aussi l'Arabe se couvre-t-il de *flanelle blanche* qui le préserve, au même titre, de la grande chaleur du jour et du froid de la nuit.

Le vêtement ne doit pas entraver la transpiration. — Il doit même absorber la sueur à mesure qu'elle apparaît. A ce point de vue, la *laine* est encore le meilleur des vêtements; pourtant il en faut changer quand elle est trop humide, car elle perd très lentement, par évaporation, l'eau dont elle s'est imprégnée.

Comme linge de corps, la flanelle vaut certes mieux que la toile de chanvre; [cette dernière, une fois mouillée, s'applique sur la peau qu'elle ne protège plus contre le refroidissement]. Mais la flanelle irrite parfois la peau; il est préférable de lui substituer la *toile poreuse de coton* appelée encore calicot.

Les étoffes de caoutchouc, imperméables, sont contraires à l'hygiène puisqu'elles s'opposent aux échanges du corps avec l'air extérieur, par leur imperméabilité même.

COUP D'ŒIL SUR L'ENSEMBLE DES PHÉNOMÈNES DE NUTRITION

Nous avons donné déjà un aperçu général de la nutrition, de l'importance des gains et des pertes subis par l'organisme; nous avons établi, en un mot, ce qu'on appelle le **bilan organique**; il nous suffira de le résumer ici (fig. 92).

Les matières absorbées par la voie digestive (aliments solides et liquides) et par la voie respiratoire (oxygène) *sont recueillies par le sang* et *mises en contact intime avec les cellules vivantes.*

Parmi ces matières : les unes sont *immédiatement assimilées ;* les autres sont *mises en réserve* pour être utilisées ultérieurement (glycogène, graisses, etc.).

Les cellules vivantes sont, à la fois, le siège d'une *assimilation*



Fig. 92. — Schéma représentant le courant matériel à travers le corps d'un être vivant.

active et d'une *destruction* correspondante. — Les déchets qui en résultent sont *excrétés :* soit en dissolution dans l'eau (urée, acide urique, sels minéraux, etc.) ; soit sous la forme gazeuse (CO^2, vapeur d'eau, etc.).

RÉSUMÉ

I. **Nutrition en général.** — *La* **nutrition de la cellule vivante** *comprend l'ensemble des phénomènes par lesquels la cellule tire du sang les principes nécessaires à son entretien, et y déverse ses déchets.*

Le sang, *liquide réparateur de notre organisme* et *collecteur de ses déchets,* doit avoir une composition à peu près constante :

Il reçoit, par les voies digestive et respiratoire, les matières nécessaires aux cellules vivantes ; il se débarrasse des déchets de ces cellules, par la voie glandulaire.

Les phases de la nutrition comprennent :

l'*absorption* réalisée par chaque cellule vivante aux dépens du sang [la *formation de réserves* par certaines cellules, dites *cellules glandulaires :* la digestion de ces *réserves*] ; l'*assimilation ;* la *désassimilation.* — [L'*excrétion,* accomplie par des cellules glandulaires spéciales, assure l'épuration du sang.]

1° **Absorption.** — Elle est régie par le principe suivant : *la consommation règle l'absorption.*

2° **Assimilation** et **désassimilation.** — Toute matière nutritive subit une *déshydratation* et une *réduction* pour être assimilée. — L'*hydratation* et l'*oxydation* accompagnent la désassimilation.

Assimilation	>	désassimilation	: accroissement. .	de la cellule.
—	=	—	: état stationnaire	de la cellule.
—	<	—	: dépérissement. .	de la cellule.

II. **Sécrétion et excrétion glandulaires**. — Travail accompli par des cellules spéciales, groupées sous forme de *glandes*.

Les **glandes** peuvent être classées, et leurs fonctions résumées, de la manière suivante :

Glandes.

- (1) **Glandes digestives** (voir la digestion).
- (2) **Glandes nutritives proprement dites.**
  - **Foie**
    - met en réserve
      - le *glycogène* (aux dépens du glucose) ;
      - les *graisses* et les *matières azotées* ;
    - transforme le *glycogène* en *glucose* qu'il restitue au sang.
  - **Tissu adipeux** . *graisses* en réserve dans le tissu conjonctif.
- (3) **Glandes excrétrices.**
  - **Poumons** : rejettent CO^2 et de la vapeur d'eau.
  - **Appareil urinaire.**
    - 2 reins — uretères — vessie — urèthre.
    - Les reins extraient du sang les principes de l'*urine* (urée, acide urique, etc.).
  - **Glandes sudoripares** : produisent la sueur.
  - **Glandes sébacées** : sécrètent le *sébum*.
- **Rate** : produit des globules sanguins.

III. **Chaleur animale**. — La chaleur est nécessaire à l'entretien de la vie.

La température d'un animal est *indépendante* ou *non* de celle du milieu ambiant :

dans le 1er cas, l'animal est à *température constante* (Mammifères, Oiseaux);

dans le 2e cas, l'animal est à *température variable* (Reptiles, Amphibiens, Poissons, et tous les Invertébrés).

Chez les animaux à température constante, l'*équilibre thermique* résulte d'un balancement entre les gains et les pertes de chaleur, éprouvés par le corps.

Les principales **sources de chaleur** sont : le *travail des muscles*, la *sécrétion des glandes*, le *travail cérébral*, l'*oxydation de l'hémoglobine dans les poumons*.

Les principales **causes de déperdition de chaleur** sont : le *rayonnement* de la peau, la *transpiration*, l'*absorption d'aliments froids*, etc. — Ces causes varient avec la température extérieure.

Nous luttons *contre le froid :*

consciemment : par les exercices musculaires violents, l'emploi de vêtements pelucheux (fourrures, lainages, etc.) ;

inconsciemment : par une respiration plus active, un revêtement adipeux sous-cutané.

Nous luttons *contre l'excès de chaleur :*

consciemment : par le repos au milieu du jour, l'emploi de vêtements laineux ;

inconsciemment : par une transpiration plus active.

FONCTIONS DE RELATION

Les **fonctions de relation** ont pour but de permettre à l'Homme de se déplacer dans le milieu extérieur, le plus souvent pour y chercher sa nourriture.

Comme les animaux supérieurs, l'Homme possède des organes variés, soutenus par un *squelette;* les pièces qui composent ce squelette sont mues par des *muscles*, sous la direction du *système nerveux.*

L'appareil locomoteur comprend : le **squelette**, le **système musculaire**.

L'appareil sensible et directeur des mouvements comprend : les **organes des sens**, le **système nerveux**.

I. — SQUELETTE

Le *squelette est la charpente du corps* (fig. 93).

Il est composé d'os, formés eux-mêmes d'une *substance dite osseuse*, avec un *périoste* fibreux à la périphérie, et de la *moelle osseuse* au centre.

La substance osseuse consiste en cellules appelées *ostéoblastes*, noyées dans une matière interstitielle, en partie minérale, en partie organique. Des *canaux de Havers* la sillonnent, qui abritent des vaisseaux sanguins et des nerfs; les ostéoblastes sont disposés en couches concentriques autour de ces canaux (fig. 94).

[La moelle osseuse renferme beaucoup de graisse ; elle est aussi le lieu de formation des globules du sang.]

La **composition d'un os** nous est ainsi révélée :

1° On jette un os dans un feu très vif ; il s'en dégage des gaz qui répandent une mauvaise odeur s'ils brûlent incomplètement ; le résidu est blanc, composé de *carbonate* et de *phosphate de chaux* [**matière minérale**].

2° On plonge un autre os, pendant quelques jours, dans de l'acide chlorhydrique étendu d'eau ; il devient mou, facile à déformer, car la matière minérale en est peu à peu détruite par l'acide; l'*osséine* subsiste [**matière organique**].

Cette osséine, longtemps soumise à l'action de l'eau bouillante, devient de la *colle forte* ou *gélatine*.

*Un os est composé d'***osséine**, *matière molle imprégnée de* **sels calcaires** *qui lui donnent de la solidité.*

Forme et constitution des os. — On distingue dans le squelette (fig. 93) :

1° des os *longs* (fémur, **23** ; tibia, **25** ; humérus, **16**) ;

2° des os *plats* (frontal, **1** ; pariétaux, **2** ; iliaques, **22**) ;

3° des os *courts* (carpe, **12** ; tarse, **27**).

Les *os longs* présentent une région moyenne (*diaphyse*, fig. 95) formée d'un tissu très compact entourant la moelle, *m* ; les deux extrémités [*épiphyses*] sont constituées par du tissu spongieux ; toutes les mailles du réseau épiphysaire sont occupées par de la moelle.

Les *os plats* sont constitués par 2 lamelles externes de tissu compact, réunies par du tissu spongieux.

Les *os courts* ont une enveloppe mince de tissu compact, enveloppant le tissu spongieux qui les forme en entier.

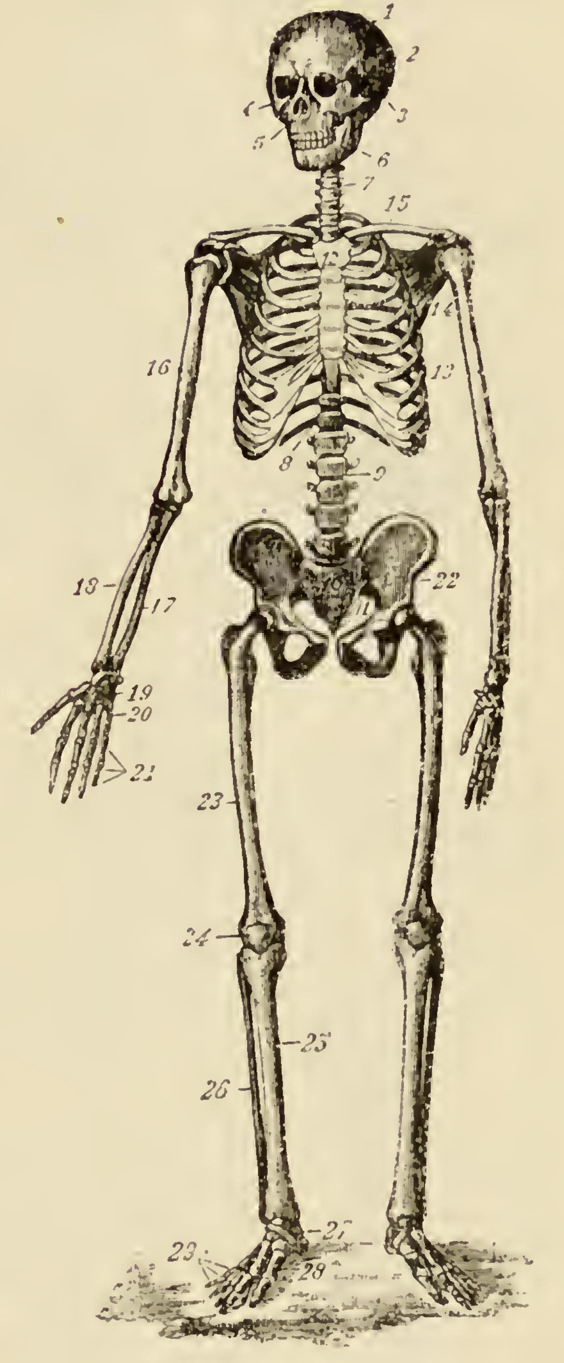


Fig. 93. — Squelette de l'Homme. — *Tête :* 1, os frontal ; 2, pariétal ; 3, temporal ; 4, jugal ; 5, maxillaire supérieur ; 6, maxillaire inférieur. — *Colonne vertébrale :* 7, région cervicale ; 8, région dorsale ; 9, région lombaire ; 10, région sacrée (sacrum) ; 11, région coccygienne ; 12, sternum ; 13, côtes. — *Membre supérieur :* 14, omoplate ; 15, clavicule ; 16, humérus ; 17, cubitus ; 18, radius ; 19, carpe ; 20, métacarpe ; 21, phalanges. — *Membre inférieur :* 22, os iliaque ; 23, fémur ; 24, rotule ; 25, tibia ; 26, péroné ; 27, tarse ; 28, métatarse ; 29, phalanges.

Accroissement des os. — Chez l'embryon, le squelette est *muqueux*, puis *cartilagineux*, enfin *osseux*.

C'est aux dépens d'un cartilage qu'un os se développe le plus souvent (fig. 96) ; la résorption du cartilage est active,

grâce à la présence de vaisseaux sanguins autour desquels apparaissent les *points d'ossification.* — Dans un os long, on distingue généralement 3 points

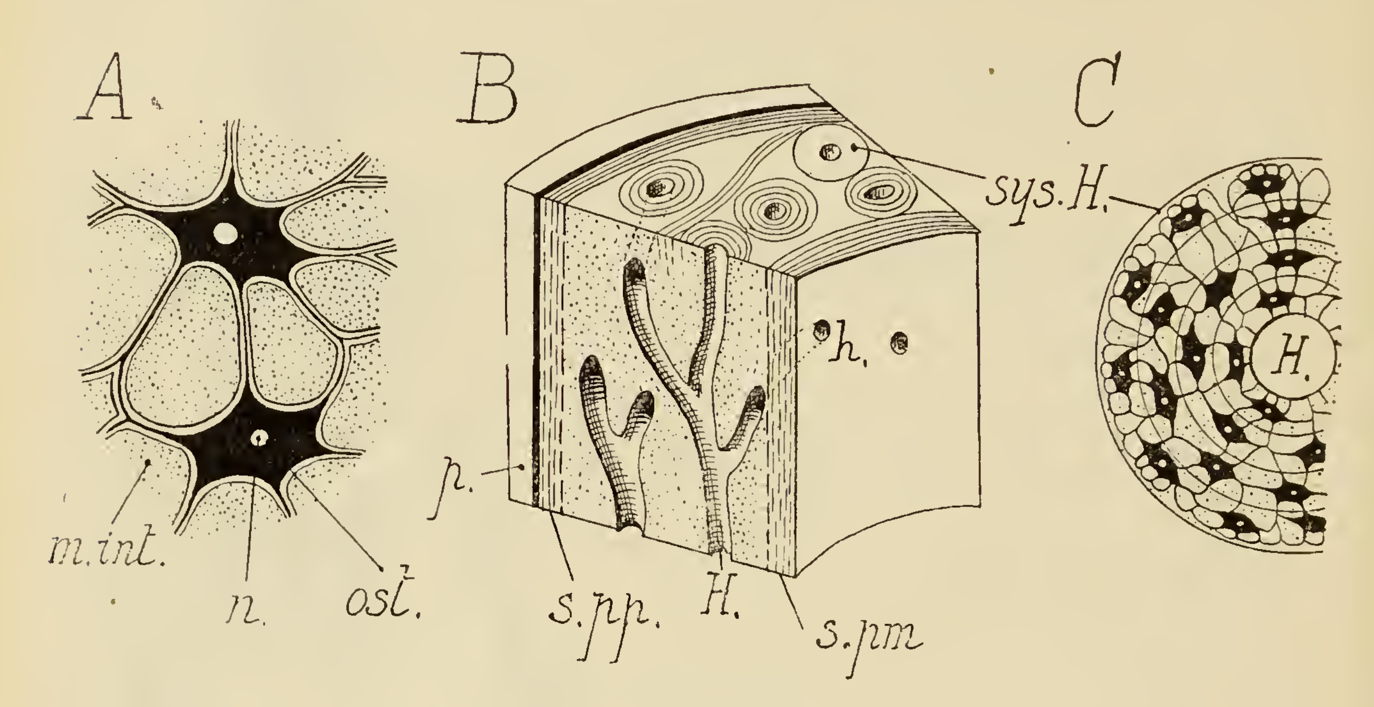


Fig. 94. — Tissu osseux. — A, section mince d'un os montrant les ostéoblastes, *ost*, et la matière interstitielle, *m.int*, qui les enveloppe. — B, coupe montrant les canaux de Havers, *H*, sillonnant la substance osseuse ; *p*, périoste. — C, un système de Havers.

d'ossification primitifs : l'un *diaphysaire* au milieu de l'os, 2 *épiphysaires* à ses extrémités.



Fig. 95. — Structure d'un os long. — *t.c*, tissu compact ; *t.s*, tissu spongieux ; *m*, moelle.

Diaphyse et épiphyses se soudent à un moment donné.

Tant que la soudure n'est pas opérée, le cartilage de conjugaison séparant 2 points d'ossification s'accroît et permet à l'os de grandir. — *Une fois la soudure réalisée, l'os ne croît plus en longueur:* l'Homme cesse ainsi de grandir à partir de 20 à 25 ans, son squelette étant entièrement formé.

Production et résorption de la substance osseuse. — Les os, abondamment nourris par les vaisseaux qui les pénètrent, sont le siège d'une active multiplication d'*ostéoblastes* sous le périoste (*couche ostéogène*); ces ostéoblastes sécrètent eux-mêmes la substance interstitielle qui les séparera et les éloignera les uns des autres ; ils conservent cependant des relations directes par leurs prolongements pro-

toplasmiques. En même temps, il y a résorption du côté interne occupé par la moelle des os.

L'expérience suivante en est une preuve : on soulève une petite partie du périoste d'un os chez un jeune animal ; on y glisse un fil de platine et l'on referme la plaie ; si, plus tard, l'animal est sacrifié, on retrouve le fil métallique dans la cavité médullaire.

C'est en raison de l'activité de la couche ostéogène que les deux parties d'un os brisé se soudent à nouveau.

La **greffe animale osseuse** est une application chirurgicale importante de ce phénomène.

On régénère une partie osseuse détruite, en disposant des lambeaux de *périoste vivant* à l'endroit de la plaie ; peu à peu, les couches osseuses nouvelles se mettent en rapport avec le tissu non altéré de l'os.

Une *alimentation riche en sels calcaires* est indispensable pendant cette période de régénération osseuse, comme pendant notre période de croissance. [Un jeune animal privé totalement de sels calcaires devient *rachitique*.]

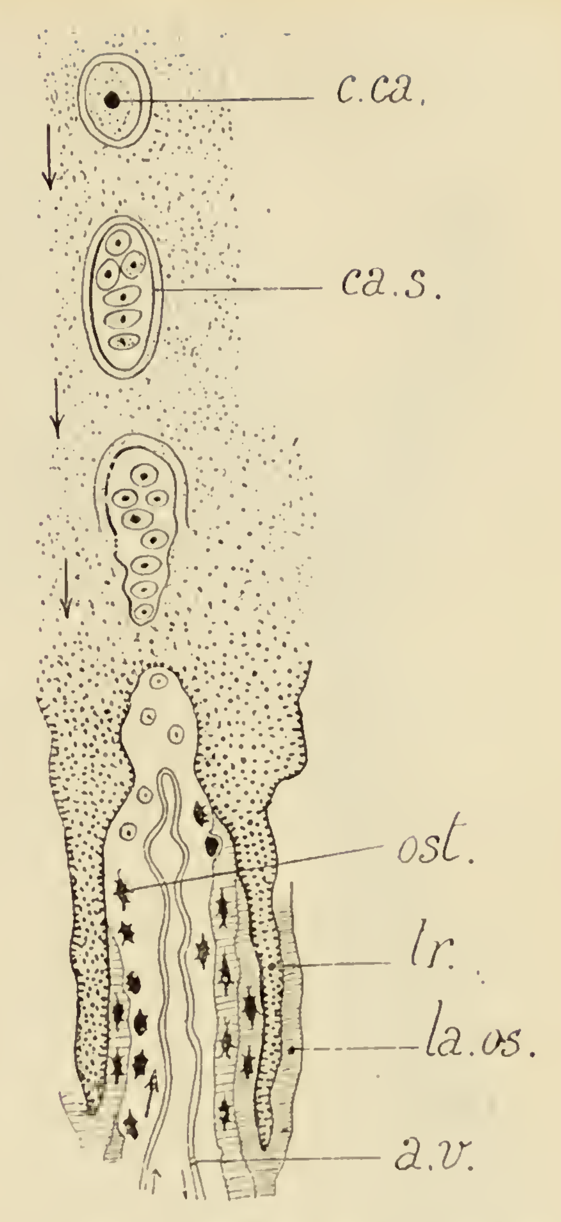


Fig. 96. — **Ossification.** — *c.ca*, cellule cartilagineuse normale ; *ca.s*, cartilage sérié ; *tr*, travée de cartilage calcifié ; *ost*, ostéoblastes ; *a.v*, anse vasculaire ; *la.os*, lamelle osseuse.

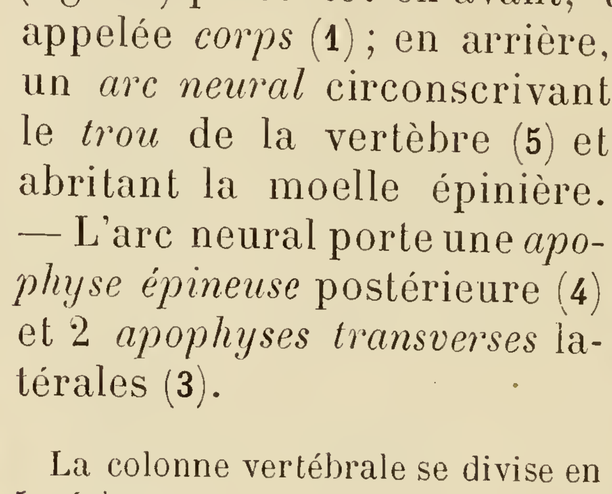
DESCRIPTION DU SQUELETTE

Le squelette de l'Homme comprend 3 parties : le *tronc*, la *tête* et les *membres*.

I. *TRONC*. — On y distingue : la *colonne vertébrale*, les *côtes* et le *sternum*.

Colonne vertébrale. — Elle forme la partie centrale du squelette, supporte la tête, soutient les côtes et les membres.

La *colonne vertébrale* comprend 33 *vertèbres* (fig. 97).



Une **vertèbre** (fig. 98) présente : en avant, une partie pleine appelée *corps* (**1**) ; en arrière, un *arc neural* circonscrivant le *trou* de la vertèbre (**5**) et abritant la moelle épinière. — L'arc neural porte une *apophyse épineuse* postérieure (**4**) et 2 *apophyses transverses* latérales (**3**).

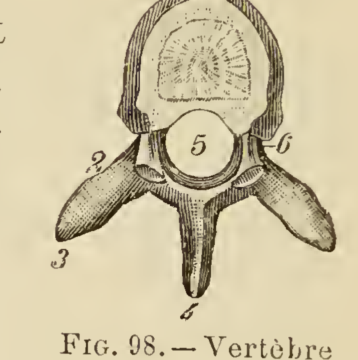


Fig. 98. — Vertèbre dorsale : 1, corps ; 3, apophyse transverse ; 4, apophyse épineuse ; 5, arc neural (trou).

La colonne vertébrale se divise en 5 *régions :*

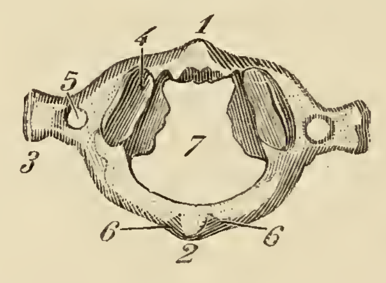
la région *cervicale*, comprenant 7 vertèbres petites [1] ;

la région *dorsale*, avec 12 vertèbres portant chacune une paire de côtes ;

la région *lombaire*, avec 5 fortes vertèbres ;

la région *sacrée*, qui compte 5 vertèbres soudées en un os unique (*sacrum*) ;

la *région coccygienne*, dont les vertèbres sont plus ou moins atrophiées (*coccyx*).



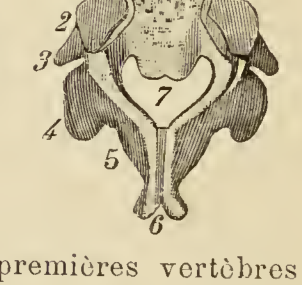


Fig. 99 et 100. — Les premières vertèbres cervicales. — A gauche, l'*atlas* sans corps vertébral en 1 ; à droite, l'*axis* avec l'apophyse odontoïde en 1.

Les trous des vertèbres superposées se correspondent et forment le *canal rachidien*.

Fig. 97. Colonne vertébrale de l'Homme.

Côtes et sternum. — L'Homme possède 12 paires de **côtes** articulées avec les 12 vertèbres dorsales (fig. 52).

Les 7 premières paires (*vraies côtes*) sont reliées directement en avant, par des cartilages, au **sternum**

1. La 1re vertèbre cervicale, appelée *atlas* (fig. 99), porte 2 surfaces d'articulation avec la base du crâne qu'elle soutient ; elle est dépourvue de corps. — Le corps de la 2e vertèbre, dite *axis* (fig. 100), se prolonge par une saillie conique supérieure, l'*apophyse odontoïde*, qui tient la place du corps de l'atlas ; l'atlas et la tête peuvent donc tourner autour du pivot formé par l'apophyse odontoïde.

qui est un os plat, en forme de glaive; les 2 paires suivantes (*fausses côtes*) ont leurs cartilages reliés à ceux des côtes précédentes ; les 3 dernières paires (*côtes flottantes*) sont libres en avant.

II. *TÊTE*. — La tête comprend (fig. 101) :

le *crâne*, boîte osseuse qui renferme l'encéphale ;

la *face*, où sont abrités les organes des sens délicats.

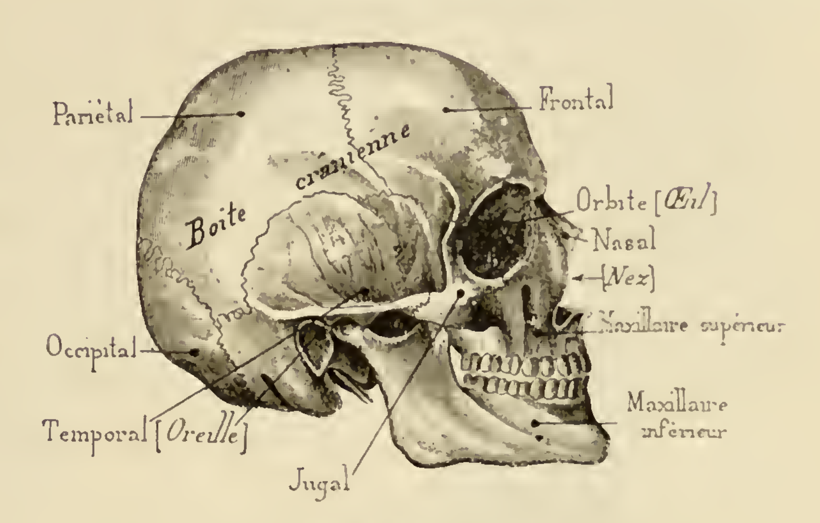


Fig. 101. — Les os de la tête de l'Homme.

Crâne. — Les os plats qui limitent la boîte cranienne sont engrenés par leurs bords.

On y signale : le *frontal* en avant, les *pariétaux* en haut et sur les côtés, les *temporaux* disposés latéralement, l'*occipital* en arrière et à la base postérieure du crâne, l'*ethmoïde* à la base antérieure, le *sphénoïde* au milieu de cette base.

Le sphénoïde est la clef de voûte du crâne; il est articulé avec la plupart des os de la tête. — L'occipital possède un orifice, appelé *trou occipital* (fig. 19), par lequel l'encéphale communique avec la moelle épinière : cette dernière est logée elle-même dans le *canal rachidien* de la colonne vertébrale.

De chaque côté du trou occipital sont 2 proéminences, les *condyles occipitaux* qui reposent sur 2 facettes correspondantes de l'atlas [1re vertèbre cervicale].

Face. — Les os de la face sont : les *nasaux* qui soutiennent la base du nez, les *maxillaires supérieurs*, les *jugaux* qui forment les pommettes, le *vomer* logé dans la cloison du nez, les *palatins* qui forment la partie supérieure de la voûte du palais, enfin le *maxillaire inférieur*, articulé par ses condyles dans les cavités glénoïdes des os temporaux (fig. 16).

Les 2 maxillaires supérieurs et le maxillaire inférieur portent les dents.

Un os indépendant, appelé *os hyoïde*, soutient le **larynx** situé en haut de la trachée-artère (fig. 48).

III. *MEMBRES*. — L'Homme est pourvu de 4 membres :

2 *membres supérieurs* dont les bases, appuyées sur la

cage thoracique en haut, forment la **ceinture scapulaire** ; 2 *membres inférieurs* dont les bases, soudées avec le sacrum, forment la **ceinture pelvienne**.

Chaque membre comprend 4 régions :

Épaule, *bras*, *avant-bras*, *main* (membre supérieur);
Hanche, *cuisse*, *jambe*, *pied* (membre inférieur).

Membre supérieur. — Les os qui forment l'**épaule** sont : l'*omoplate*, appuyée sur la face dorsale des côtes supérieures ; la *clavicule* qui s'étend de l'omoplate au sternum.

L'os du **bras** (fig. 102) est l'*humérus*, A, dont la tête s'en-

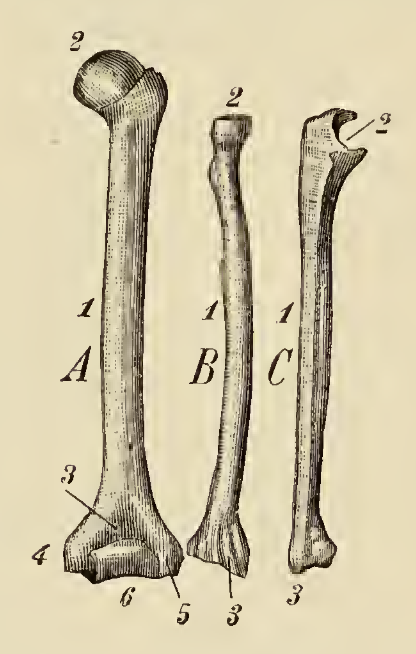


FIG. 102. — Os du membre supérieur gauche. — A, *humérus* (face postérieure); 2, tête ; 3, cavité olécranienne ; 6, surface d'articulation avec le cubitus. — B, *radius* (face antérieure) ; 2, facette d'articulation avec l'humérus; 3, extrémité inférieure articulée aux os du carpe. — C, *cubitus* (face latérale) ; 2, cavité surmontée par l'apophyse olécrâne.

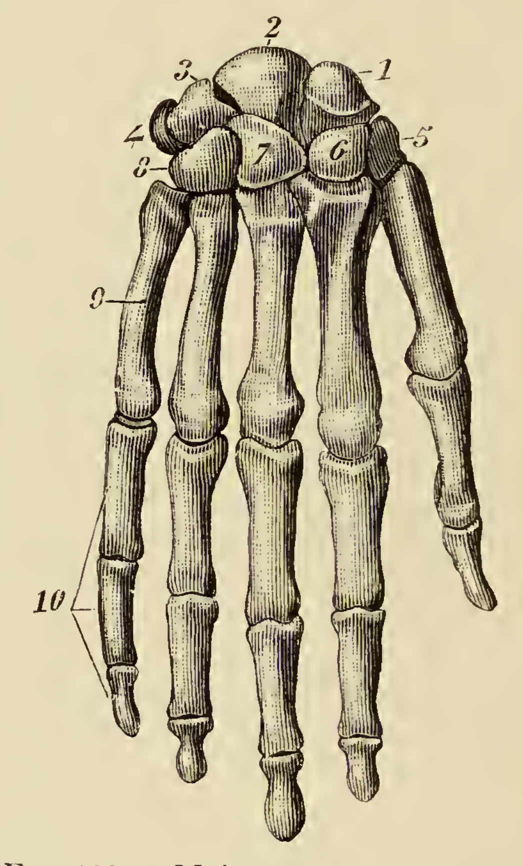


FIG. 103. — Main. — 1 à 8, os du carpe ; 9, os métacarpiens ; 10, phalanges des doigts.

gage dans la *cavité glénoïde* de l'omoplate ; l'extrémité inférieure en est pourvue d'une *cavité olécranienne*, en arrière.

L'humérus s'articule avec les 2 os de l'**avant-bras** : le *cubitus*, C, et le *radius*, B.

Le cubitus est large en haut et pourvu d'une *apophyse olécrâne* engagée dans la cavité du même nom que présente l'humérus; cette apophyse forme la saillie du *coude*. — Le radius tourne autour du cubitus et porte la main par sa large extrémité inférieure.

La **main**, soutenue par le radius, comprend (fig. 103) : le *carpe* ou *poignet*, avec 8 os courts ; le *métacarpe*, avec 5 os parallèles ; les *doigts* dont chacun possède 3 phalanges, sauf le pouce qui n'en a que 2.

Membre inférieur. — La **hanche** est soutenue par l'*os iliaque* (fig. 93). Celui-ci est formé, en réalité, de 3 os soudés [*ilium* en arrière, *pubis* en avant, *ischion* en bas].

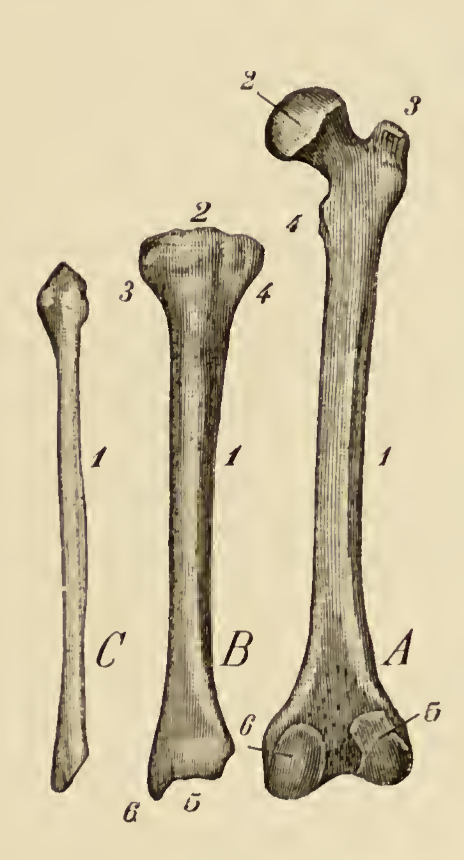


Fig. 104. — Membre inférieur. — A, *fémur* droit (face postérieure) ; 2, sa tête. — B, *tibia* gauche (face antérieure) ; 2, surface d'articulation avec le fémur et la rotule ; 5, surface d'articulation avec l'astragale (tarse). — C, *péroné* gauche.

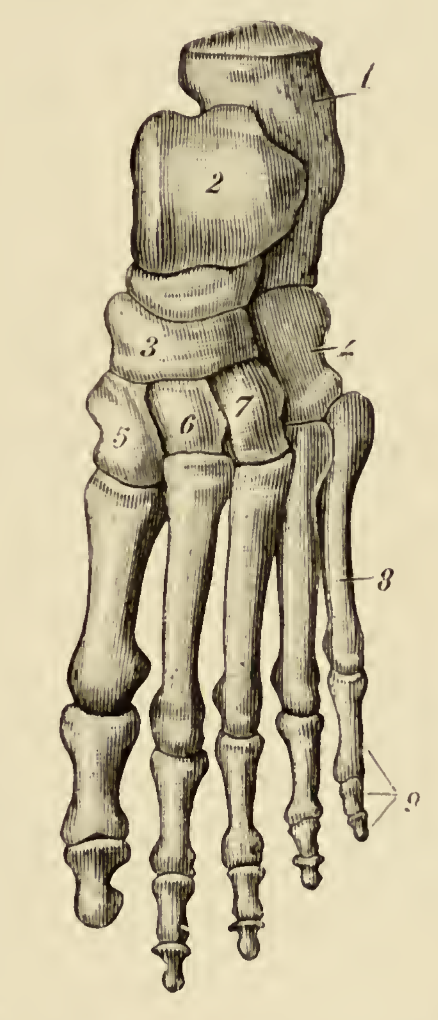


Fig. 105. — Pied. — 1 à 7, os du tarse : 1, calcanéum (talon) ; 2, astragale ; 8, os métatarsiens ; 9, phalanges des orteils.

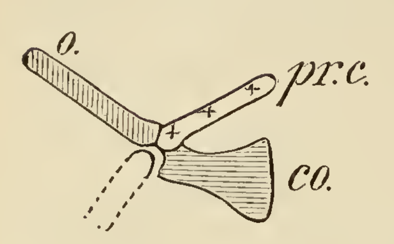
L'os iliaque est soudé au sacrum en arrière ; en avant, il est uni à son congénère par la *symphyse pubienne* : il en résulte une ceinture osseuse complète appelée *bassin*, qui porte tout le poids du corps, à l'exception des membres inférieurs.

L'os de la **cuisse** est le *fémur* (fig. 104, A) dont la tête s'engage dans une cavité latérale de l'os iliaque, appelée *cavité cotyloïde* (fig. 167).

La **jambe** comprend le *tibia*, B, et le *péroné*, C. — Le tibia est seul articulé avec le fémur ; le péroné est un os de renforce-

ment. — Entre la cuisse et la jambe est la *rotule*, en avant.

Le **pied** (fig. 105) comprend : le *tarse*, avec 7 os courts dont 2 plus importants (l'*astragale* articulé avec le tibia, le *calcanéum* qui forme le talon) ; le *métatarse*, avec 5 os parallèles ; les *orteils* dont chacun possède 3 phalanges, sauf le pouce.



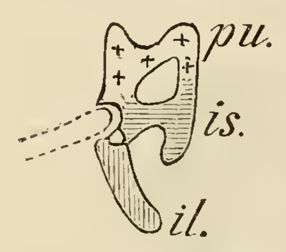


Fig. 106. — Homologie des ceintures scapulaire et pelvienne : les os homologues sont représentés par les mêmes signes. *Ceinture scapulaire : o*, omoplate ; *pr.c*, procoracoïde ; *co*, coracoïde. — *Ceinture pelvienne : il*, ilium ; *pu*, pubis ; *is*, ischion.

Les membres supérieurs et les membres inférieurs sont homologues, c'est-à-dire construits sur le même plan, ainsi que le montre la figure 106.

Modes d'articulation des os. — Les os s'articulent entre eux de 3 manières principales :

par *articulations fixes* (synarthroses) ;

par *articulations presque fixes* (symphyses) ;

par *articulations mobiles* (diarthroses).

Le tissu conjonctif participe à l'union des os.

1° *Articulations fixes.* — Les os du crâne, dentelés sur leurs bords, s'engrènent solidement pour former une boîte (fig. 17).

2° *Symphyses.* — Les corps des vertèbres sont superposés ; leurs surfaces en regard sont reliées par du tissu fibro-cartilagineux. — Les 2 pubis sont unis de même.

3° *Articulations mobiles.* — Ce sont les plus nombreuses ; les os peuvent effectuer, dans ce cas, des mouvements fort étendus. Tels sont : l'humérus qui s'engage dans la cavité du cubitus ; le tibia, articulé avec le fémur (fig. 107).

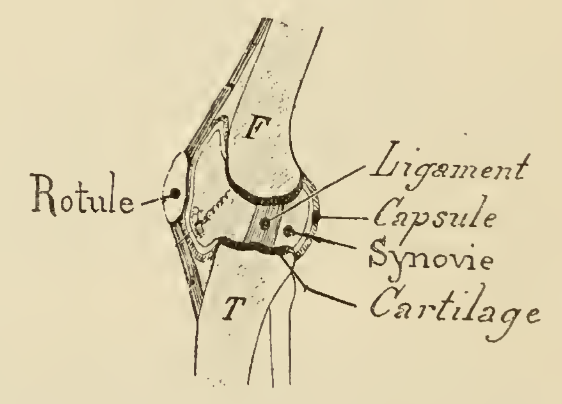


Fig. 107. — Articulation du fémur et du tibia, au genou.

Les surfaces d'articulation sont pourvues de cartilages ; une *capsule* fibreuse entoure totalement et protège l'articulation ; elle est tapissée intérieurement par une séreuse, qui sécrète la *synovie*, liquide filant chargé de lubrifier les surfaces articulaires. [Voir les Compléments, page 189.]

RÉSUMÉ

I. **Squelette.** — Le **squelette** est l'ensemble des os formant la charpente du corps.

Au point de vue de **leur forme**, les os se divisent en :

Os longs : fémur, tibia, humérus, etc. ;

Os plats : omoplate, pariétaux, etc. ;

Os courts : vertèbre, os du carpe et du tarse.

Au point de vue de **leur développement**, les os proviennent : soit de l'ossification directe du tissu conjonctif, soit de l'ossification d'un cartilage. Alors apparaissent, dans la membrane ou dans le cartillage, des *points d'ossification* tout autour desquels se développe le tissu osseux.

Un os subit un accroissement continu en épaisseur sous le périoste ; il se résorbe au centre (moelle de l'os).

Description du squelette.

- I. TRONC.
  - **Colonne vertébrale.** 33 *vertèbres* (corps, anneau neural, apophyses).
    - *Régions*
      - *cervicale.* .... 7 vertèbres (atlas, axis).
      - *dorsale*....... 12 vertèbres portant les *côtes*.
      - *lombaire* ..... 5 vertèbres fortes.
      - *sacrée*........ 5 vertèbres soudées (*sacrum*).
      - *coccygienne*... 3 ou 4 vertèbres déformées.
  - **Sternum.**
  - **Côtes** 12 paires.
    - 7 paires de *vraies côtes*.
    - 5 paires de *fausses côtes* (côtes *flottantes :* 2 ou 3 paires).
- II. TÊTE.
  - **Crâne....** 1 *frontal*, 2 *pariétaux*, 2 *temporaux*, 1 *occipital*, 1 *sphénoïde*, 1 *ethmoïde*.
  - **Face.....** 2 *nasaux*, 2 *jugaux*, 2 *lacrymaux*, 2 *maxillaires supérieurs*. 1 *vomer*, 2 *palatins*, 1 *maxillaire inférieur*. [Os *hyoïde*]
- III. MEMBRES.
  - Les membres supérieurs et les membres inférieurs sont *homologues*.

MEMBRES SUPÉRIEURS.		MEMBRES INFÉRIEURS	
Épaule.....	*Omoplate.* *Clavicule.*	**Hanche.**	*Ilium.* *Pubis.* *Ischion.* — Os iliaque.
Bras.......	*Humérus.*	**Cuisse..**	*Fémur* [Rotule].
Avant-bras.	*Radius.* *Cubitus.*	**Jambe .**	*Tibia.* *Péroné.*
Main.......	*Carpe :* 8 os. *Métacarpe :* 5 os. *Doigts :* 3 phalanges, sauf le pouce.	**Pied ...**	*Tarse :* 7 os (Astragale. Calcanéum). *Métatarse :* 5 os. *Orteils :* 3 phalanges, sauf le pouce.

II. **Articulations.** — Les os s'articulent de 3 manières principales :

1° par articulation fixe (*synarthrose*) : os du crâne ;

2° — presque fixe (*symphyse*) : vertèbres, pubis ;

3° — mobile (*diarthrose*) : la plupart des os.

II. — SYSTÈME MUSCULAIRE

Les **muscles** *sont les organes actifs du mouvement, alors que les* **os** *en sont les organes passifs.*

Diverses sortes de muscles. — On distingue 3 sortes de muscles :

les **muscles lisses** à contraction involontaire et lente (dans la paroi de l'intestin et des vaisseaux) ;

les **muscles striés** à contraction volontaire (des membres et de la paroi du tronc) ;

le **muscle cardiaque** à contraction involontaire et brusque (qui forme la paroi du cœur).

Les éléments qui les constituent sont des *fibres musculaires*

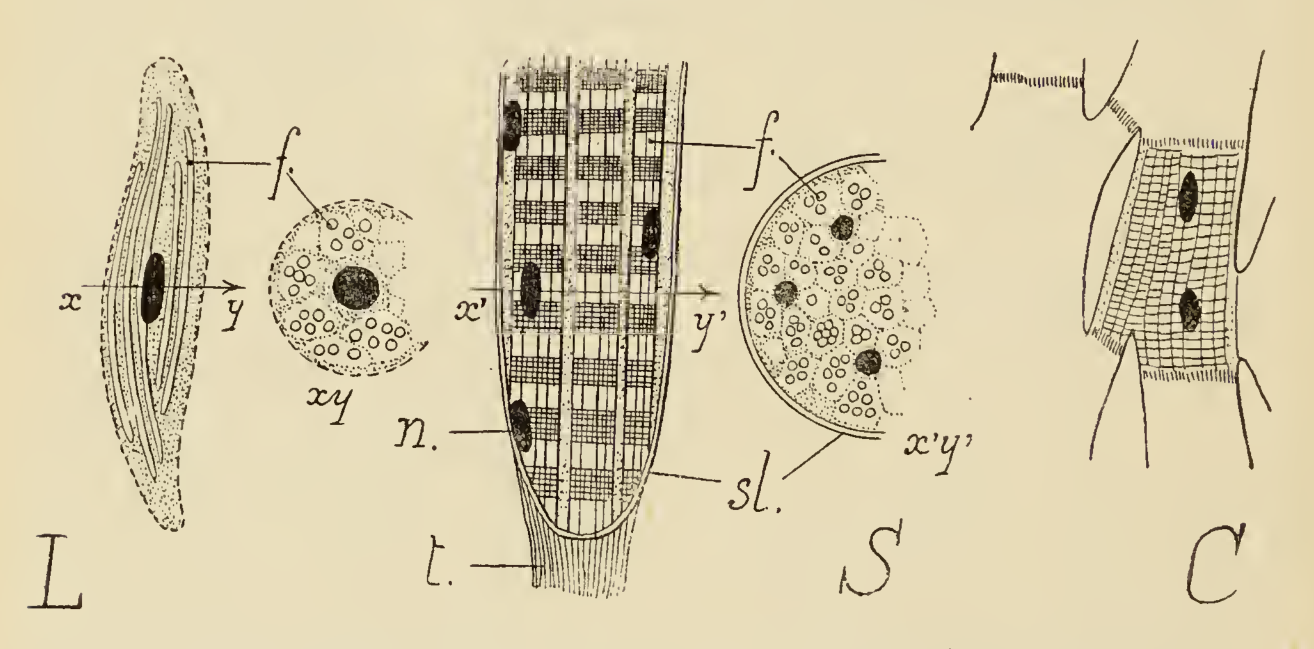


Fig. 108. — **Tissu musculaire**. — L, fibre lisse ; *f*, fibrilles ; *xy*, coupe transversale. — S, fibre striée ; *t*, fibre tendineuse ; *sl*, sarcolemme ; *x'y'*, coupe tranversale. — C, cellule cardiaque. — Les noyaux, *n*, sont représentés en noir.

d'aspect variable avec les muscles auxquels elles donnent leur nom (fig. 108).

La *fibre lisse* est une cellule allongée en fuseau, longue au plus de 2 dixièmes de millimètre, possédant un seul noyau.

[Dans un muscle lisse, ces fibres sont généralement accolées les unes aux autres, en formant des faisceaux longitudinaux ou annulaires].

La *fibre striée*, beaucoup plus grande que la précédente, peut atteindre de 1 à 4 centimètres ; elle possède jusqu'à

200 noyaux ; son protoplasme présente une striation caractéristique.

[Dans un muscle strié, ces fibres sont groupées en faisceaux primaires *f.p*, eux-mêmes associés en faisceaux secondaires, *f.s*, que réunit une membrane conjonctive ou *périmysium*, *pé* (fig. 109)].

Nous ne nous occuperons que de ces derniers, de beaucoup les plus importants.

Description d'un muscle strié. — Un muscle strié a généralement la forme d'un fuseau (fig. 109, C). — Il se compose alors : d'une partie médiane rouge et renflée appelée *ventre*, *v* ; de deux extrémités blanches appelées *tendons*, *t*.

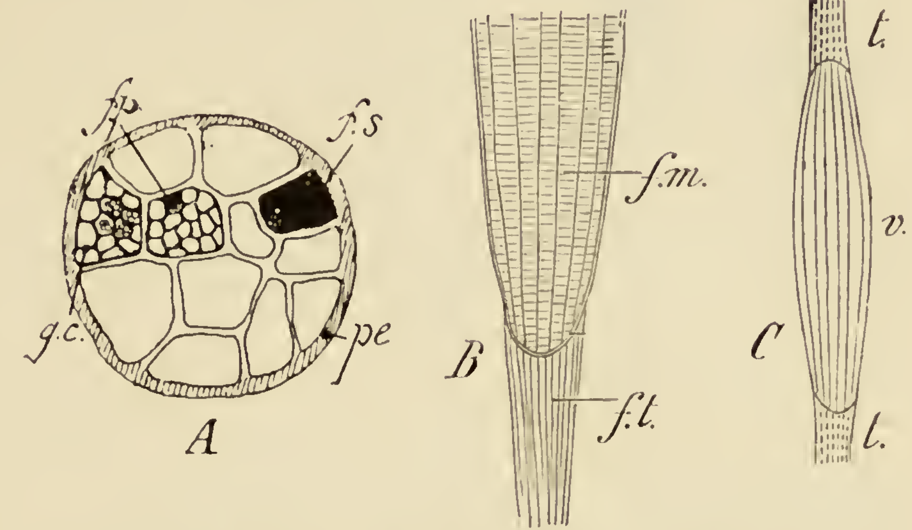


Fig. 109. — **Muscles.** — A, section transversale d'un muscle ; *fp*, faisceau primaire de fibres ; *fs*, faisceau secondaire ; *g.c*, gaine conjonctive ; *pé*, périmysium. — B, section longitudinale montrant les rapports des fibres musculaires, *f.m*, et des fibres tendineuses, *f.t*. — C, muscle ; *v*, ventre ; *t*, tendons.

Le ventre est formé de *tissu musculaire ;* les tendons sont formés de *tissu* conjonctif *élastique*.

Les fibres élastiques des tendons, *f.t* (*B*), s'insèrent fortement aux extrémités de la substance musculaire.

Des *vaisseaux sanguins* et *lymphatiques* se ramifient dans le tissu conjonctif interne et nourrissent le muscle.

Fig. 109 *bis*. — Terminaison d'une fibre nerveuse, *cy.a*, dans une fibre musculaire. — *arb*, arborisation terminale du cylindre-axe de la fibre nerveuse ; *P.m*, plaque motrice de la fibre musculaire et ses noyaux, *n*.

Un muscle reçoit aussi des *nerfs*, dont les fibres entrent en contact intime avec les fibres musculaires (fig. 109 *bis*).

Propriétés des muscles. — *Les propriétés essentielles des muscles sont l'*élasticité *et la* contractilité.

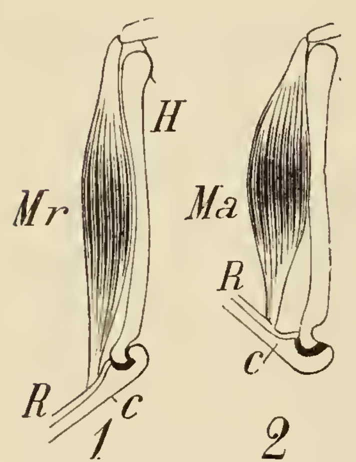


Fig. 110. — 1, Muscle relâché; 2, le même contracté.

1° **Élasticité.** — Un muscle est très extensible. — *L'élasticité du muscle est parfaite*, c'est-à-dire qu'il reprend exactement sa longueur primitive quand il a été tendu.

2° **Contractilité.** — Un muscle est *contractile*, c'est-à-dire qu'*il peut diminuer de longueur et s'accroître en épaisseur* sous l'influence d'une excitation.

On vérifie facilement cette déformation du biceps, lorsqu'on fléchit l'avant-bras sur le bras: ce muscle, d'abord au repos en *M.r* (fig. 110 et 111), diminue de longueur et s'épaissit en *M.a*, lorsque le radius *R* pivote autour de l'extrémité inférieure de l'humérus, *H*.

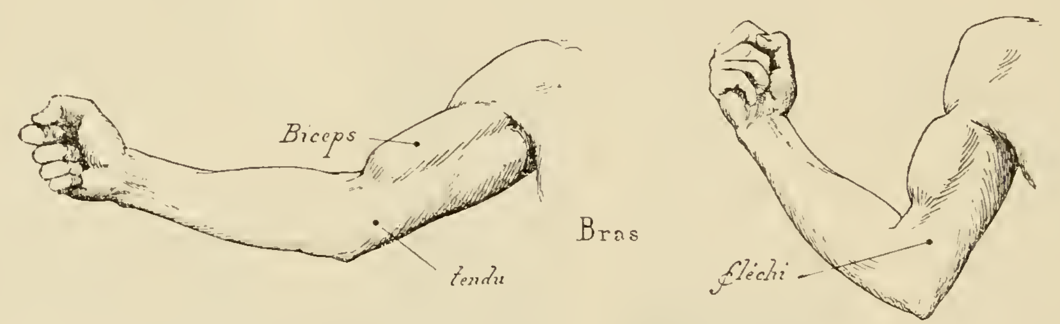


Fig. 111. — Le muscle *biceps* se gonfle en se contractant, lors de la flexion du bras.

Un muscle est *excité naturellement* par les centres nerveux; on peut l'exciter *artificiellement* par le choc, le pincement, le passage ou l'interruption d'un courant électrique à travers le muscle (courants d'induction).

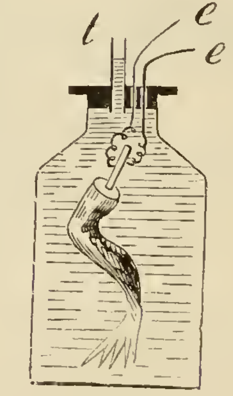


Fig. 112. — Le volume des muscles se modifie à peine par leur contraction; *e*, *e'*, rhéophores.

Les **muscles striés** *se contractent sous l'influence de la volonté:* les muscles des membres se contractent quand et comme nous le voulons : ce sont des muscles à contraction volontaire.

Les **muscles lisses** *se contractent indépendamment de la volonté :* l'estomac et l'intestin se déforment sans que nous puissions provoquer ou arrêter leurs contractions.

Un muscle qui se contracte ne change pas de volume.

On le démontre ainsi : un membre de Grenouille est renfermé dans un flacon plein d'eau (fig. 112); le bouchon du flacon est traversé par un tube étroit, *t*, dans lequel le liquide s'élève un peu ; on porte une excitation électrique à l'aide des fils, *e*, *e'*, sur le nerf du membre ; celui-ci se contracte, mais le niveau de l'eau n'a pas varié sensiblement.

L'irritabilité appartient en propre au muscle ; elle n'est pas due au nerf qui s'y rend, car si on coupe le nerf desservant un muscle et qu'on excite ce muscle, il se contracte.

Analyse de la contraction musculaire. Myographe. — On opère sur la Grenouille dont on annule l'action volontaire sur ses propres muscles, en détruisant ses centres nerveux au préalable.

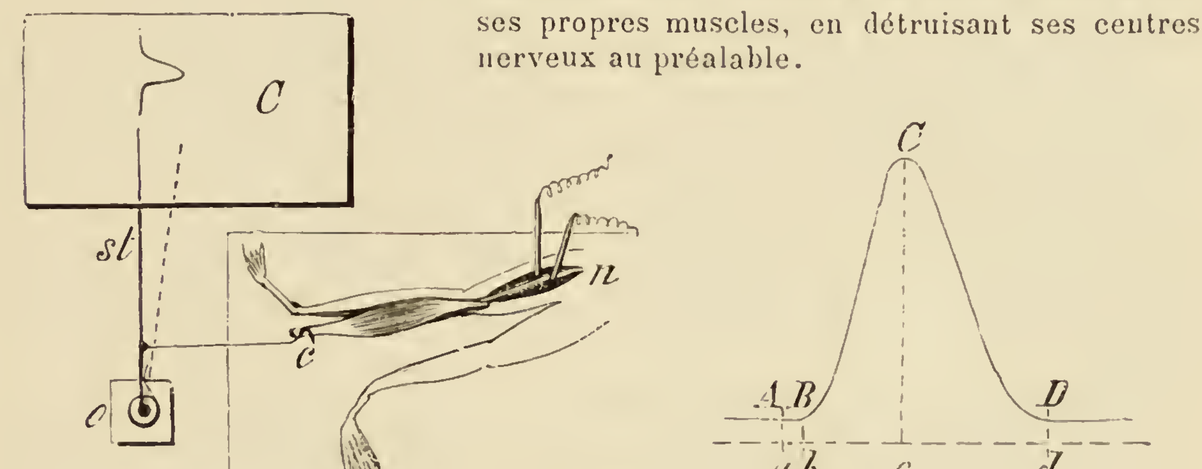


Fig. 113. — Tracé de la contraction musculaire (myographe). — *c*, crochet fixé au tendon du muscle en expérience ; *st*, style mobile autour d'un axe vertical projeté en *o* ; *C*, cylindre noirci en rotation ; *n*, nerf excité par les rhéophores.
La figure *ABCD*, à droite, représente un tracé myographique.

Le nerf sciatique une fois isolé, *n* (fig. 113), on détache le muscle gastrocnémien *de son insertion inférieure seulement* à laquelle est alors fixé un petit crochet. Ce crochet, *c*, est mis en rapport à l'aide d'un fil avec un style, *st*, mobile autour d'un axe fixe, *o*. Chaque fois qu'une excitation électrique est portée sur le nerf sciatique, le muscle se contracte ; la secousse musculaire est inscrite par le style, *st*, sur un cylindre noirci, *C*, mobile autour de son axe.

La secousse musculaire produit la courbe *ABCD*. — Si le moment de l'excitation a été enregistré en *a*, la secousse comprend trois périodes :

1° *le temps perdu de l'excitation* ou *période latente*, $ab = \left(\frac{1}{100}\text{ de seconde}\right)$;

2° *la période d'énergie croissante du muscle*, $bc = \left(\frac{1}{6}\quad —\right)$;

3° *la période d'énergie décroissante*, $d = \left(\frac{1}{5}\text{ à }\frac{1}{6}\quad —\right)$.

Phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans un muscle. — La contractilité d'un muscle dépend de sa nutrition. — Un muscle est très excitable quand le sang y circule en

abondance : *sa contraction est accompagnée de la combustion du glucose et des graisses que le sang lui apporte.*

Le muscle contracté consomme plus d'oxygène et dégage plus de gaz carbonique qu'à l'état de repos ; en même temps, *il s'échauffe davantage* (p. 102).

Claude Bernard a remarqué que :

100^{cc} de sang, afférant à un *muscle au repos*, contenaient 7^{cc},3 d'oxygène ; ils n'en renfermaient plus que 5^{cc} à la sortie ;

le sang sortant du même *muscle en activité* était plus noir et ne contenait plus que 4^{cc},3 d'oxygène ; en revanche, la proportion de gaz carbonique s'y était élevée de 0^{cc},8 (repos) à 4^{cc},2 (activité).

Remarque. — *Un muscle en activité a une réaction acide.* Lorsqu'un muscle travaille normalement, le sang alcalin qui l'irrigue neutralise ou enlève les acides formés. — Le muscle se fatigue si ses contractions sont exagérées ; les acides s'y accumulent alors, coagulent le *myosinogène* dissous dans le suc musculaire qui imprègne ses fibres, et le muscle devient *rigide.*

La *rigidité cadavérique* est due à une semblable coagulation du myosinogène après la mort ; les muscles du cadavre conservent cette rigidité jusqu'au moment où leur substance se décompose.

Principaux muscles du corps de l'Homme. — Notre corps comprend environ 450 muscles.

On leur a donné des noms tirés : de leur *forme* (grand dentelé) ; de leur *position* (grand pectoral, diaphragme) ; de leur *direction* (grand oblique), etc.

Les principaux d'entre eux sont représentés dans les figures 114, 168 à 176. [Voir les Compléments, page 189.]

Dans la ***tête :***

les *orbiculaires des lèvres, o.l*, et *des paupières, o.p*, nous permettent de fermer la bouche et les yeux ; avec les *masséters, m*, et les *temporaux, t*, nous broyons nos aliments.

Dans le ***tronc :***

le *grand pectoral, g.p*, le *grand oblique, g.ob*, concourent à la respiration ; le *grand dorsal, g.do*, le *trapèze, tr*, servent aux mouvements du bras.

Parmi les muscles des ***membres :***

dans le membre supérieur, le *biceps, b*, le *brachial, br*, le *triceps, tr*, permettent la flexion ou l'extension de l'avant-bras sur le bras ;

dans le membre inférieur, les *muscles fessiers, g.f* et *m.f*, assurent la

verticalité du corps; le *biceps*, *b.cr*, le *triceps*, etc., déterminent la flexion ou l'extension de la jambe sur la cuisse; les *jumeaux*, *ju*, tirent le pied en arrière.

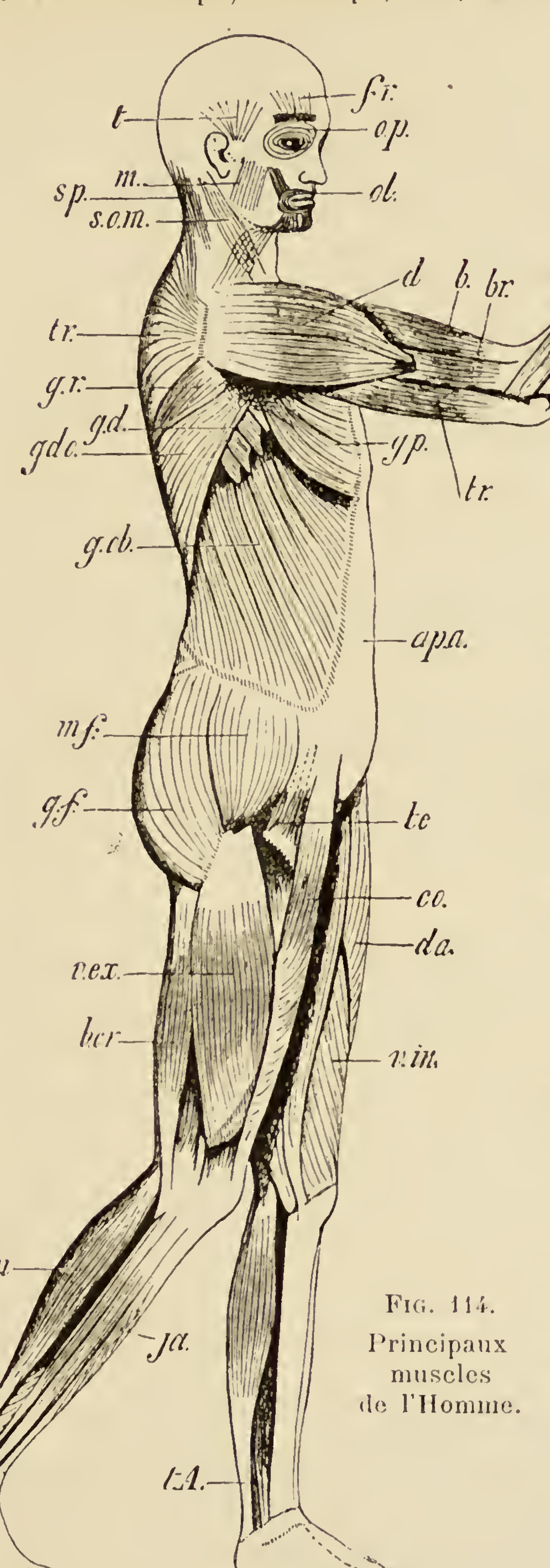


Fig. 114. Principaux muscles de l'Homme.

La contraction et le relâchement alternatifs des muscles déterminent les mouvements des os sur lesquels ils sont insérés; les mouvements les plus étendus sont ceux des membres.

Chez l'Homme, les membres supérieurs sont surtout des organes de préhension; les membres inférieurs sont les organes les plus ordinaires de la locomotion.

Divers modes de locomotion chez l'Homme. — Ce sont : la *marche*, la *course* et le *saut*.

Dans la *marche*, les 2 pieds touchent le sol ensemble pendant un temps de *double appui;* puis l'un des pieds soulevés se porte en avant et pose sur le sol, avant que l'autre pied ne soit soulevé à son tour.

Dans la *course*, l'un des pieds n'est pas encore appuyé quand l'autre quitte le sol. Pendant un temps assez court (*temps de suspension*), le corps est donc tout entier en l'air; c'est pendant ce temps de suspension que le corps est le moins élevé au-dessus du sol.

Dans le *saut*, le temps de suspension est plus long que dans la course ; c'est à ce moment que le corps est le plus élevé en l'air.

INFLUENCE DE L'EXERCICE ET DES ATTITUDES SUR LA FORME DU CORPS

Les mouvements ont une influence incontestable sur la forme du corps, en modelant à la fois :

le *squelette*, qui en est la charpente ;

les *muscles*, qui en font agir les diverses parties.

En effet, chaque mouvement a son mécanisme spécial, chaque exercice met en jeu des muscles et des articulations déterminés; les organes en action s'adaptent aux genres de mouvements qu'ils exécutent.

Régir les mouvements du corps en vue de sa conformation la plus harmonieuse, c'est poursuivre la réalisation de l'idéal de *beauté*, non pas un idéal variable au gré capricieux de la mode, mais celui dont les caractères sont conformes à ceux de la beauté antique :

une *charpente osseuse solide*, *symétrique*, *sans déviation ;* des *muscles bien développés*, mais sans excès : une *poitrine large et bien ouverte;* un *ventre peu volumineux*, maintenu par une forte paroi musculaire ; une *épaule charnue* qui ne soit ni tombante, ni en portemanteau.

De nos jours, la plupart des Hommes, indifférents à la culture corporelle, acquièrent souvent de ce fait une attitude déplorable : le dos voûté, la tête penchée en avant, la poitrine creuse, le ventre proéminent, les épaules tombantes : caractères d'un véritable affaissement physique contre lequel il n'est que temps de réagir avec vigueur.

De quelle manière opérer cette réaction, sinon par un *entraînement musculaire judicieux* et par des *mouvements sagement réglés ?*

1° *Influence de l'exercice et de l'attitude sur la forme du squelette.*

Notre squelette porte l'empreinte des mouvements qu'il effectue. — Par la forme des surfaces d'articulation des os, il nous renseigne sur la nature et l'étendue de leurs déplacements ; par le nombre, la direction et l'importance des apophyses d'insertion des tendons, il nous indique le sens et l'intensité des efforts musculaires qui s'y exercent ; la longueur relative et la forme des membres sont intimement liées au

mode de locomotion et à l'attitude les plus fréquents, etc.

Le squelette n'a donc qu'une fixité apparente; il est en harmonie constante avec la nature du travail qui lui incombe. — Plus malléable chez l'enfant et l'adolescent, il exige qu'à cet âge les attitudes et les mouvements soient plus étroitement surveillés.

Comme nous l'avons vu précédemment, les noyaux diaphysaires et épiphysaires des os n'étant soudés qu'à l'âge de 20 à 25 ans, ces os et leurs articulations sont éminemment déformables jusque-là!

[Une fois les soudures opérées, les os ont acquis leur longueur définitive; leur solidité est maximum. — A partir de 50 ans, le tissu compact devient assez fragile; les cartilages articulaires et autres tendent à se calcifier, des ankyloses partielles sont à craindre, contre lesquelles on remédie par l'exercice].

La **forme des surfaces articulaires** est liée au mouvement habituel de l'articulation. — Ainsi la tête sphérique du fémur engagée dans la cavité cotyloïde de l'os iliaque, **2** (fig. 104, *A*), celle de l'humérus engagée dans la cavité glénoïde de l'omoplate, **2** (fig. 102, *A*), permettent des mouvements fort étendus à ces os et aux membres qu'ils soutiennent. — Par contre, l'articulation par engrenage des os du crâne les condamne à l'immobilité absolue.

Les mouvements sont donc limités par la forme des surfaces articulaires, et aussi par la disposition des ligaments qui les unissent (fig. 165 et 166).

Les acrobates désignés sous le nom d'*Hommes-serpents* [exhibés dans les cirques et les fêtes foraines, sujets bizarres capables de se replier ou de se renverser totalement sur eux-mêmes, d'étendre leurs membres inférieurs sur une même ligne droite, etc.] ont été contraints d'effectuer de semblables mouvements dès leur jeune âge, en vue d'allonger les ligaments en voie de croissance, dans le but d'augmenter aussi l'étendue des surfaces articulaires.

De tels résultats, si surprenants pour le curieux vulgaire, sont attristants pour l'observateur réfléchi, car ils sont acquis le plus souvent au détriment de la taille et de la santé générale de l'*Enfant* ou de l'*Homme-phénomène*. Un cultivateur, forçant à travailler un jeune Poulain de 6 mois ou d'un an, serait taxé de folie; et nous applaudissons l'individu qui condamne un Enfant à des exercices musculaires *exagérés*, à des contorsions ridicules, pour en faire un jour un pauvre sujet rabougri et vieux avant l'âge!

L'influence de l'**attitude** et des **mouvements habituels** sur la conformation du squelette et du corps, en général, est rendue évidente par l'étude d'ouvriers ayant embrassé des professions manuelles différentes :

Le *menuisier* travaille à l'établi, plus fortement appuyé sur la jambe gauche, la tête penchée du même côté et le tronc concave du côté droit; l'épaule et le bras droits dépensent plus de travail. — *Résultats :* la colonne vertébrale est déviée et concave dans la région dorsale ; les muscles de l'épaule droite et le grand pectoral correspondant sont exagérés ; le bras droit est plus fort et les doigts sont déformés ; la jambe gauche est arquée, la hanche gauche plus élevée que la droite, etc.

Le *sculpteur* tient son ciseau de la main gauche et le frappe avec le marteau, tenu de la main droite dans une attitude moins élevée. — *Résultats :* la colonne vertébrale a une double courbure ; l'épaule gauche est la plus forte, le bras droit est plus volumineux, etc.

Le *vigneron*, la *couturière*, le *vélocipédiste*, le *commis aux écritures atteint de myopie*, etc., sont voûtés de bonne heure, parce que leur tête et leur corps sont infléchis en avant pendant le travail.

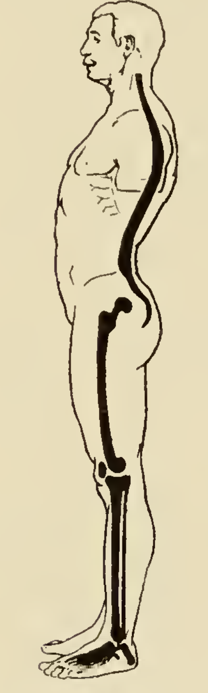


Fig. 115.
Station verticale.

Il convient donc de conformer son attitude en vue d'un développement harmonique [symétrique par cela même], *des diverses parties du corps.*

La **station debout** la plus correcte est celle que l'on adopte en s'appuyant le long d'un mur vertical, la tête, le dos et les talons appliqués contre ce mur. C'est l'attitude droite qui exige le moins d'effort (fig. 115). — Toute modification à cette attitude détermine des courbures plus ou moins variées de la colonne vertébrale : ainsi la courbure de l'abdomen en avant entraîne la voussure du dos et l'inclinaison antérieure de la tête. — Il faut se garder de reposer souvent tout le corps sur une jambe, sinon une incurvation latérale de la colonne vertébrale se produit[1].

1. Pour une raison analogue, les jeunes enfants ne doivent marcher ni trop tôt, ni trop longtemps, sous peine d'acquérir des jambes arquées; leur pied doit porter bien à plat sur le sol. — Il convient également d'éviter de les tenir trop sur les bras où ils sont mal assis ; ils contractent alors des déviations latérales de la colonne vertébrale. Que d'enfants difformes, à cause de l'ignorance ou de l'incurie de leurs parents !

La *station assise* correcte est celle où la cuisse est appliquée sur le siège dans toute son étendue, les pieds posant à plat sur le sol, le tronc et la tête ayant la position verticale si le

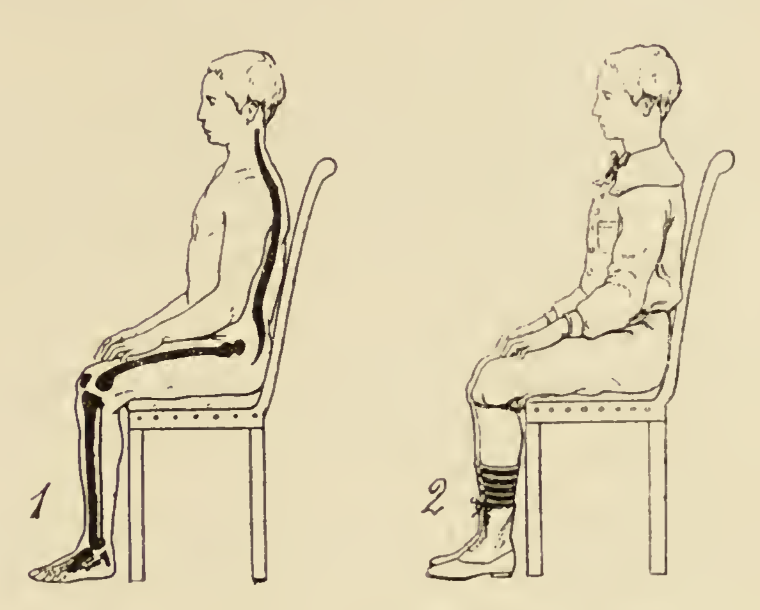


Fig. 116 et 117. — *Station assise* correcte.

siège est sans dossier, ou le tronc légèrement incliné en arrière contre le dossier s'il existe (fig. 116 et 117). — Le choix

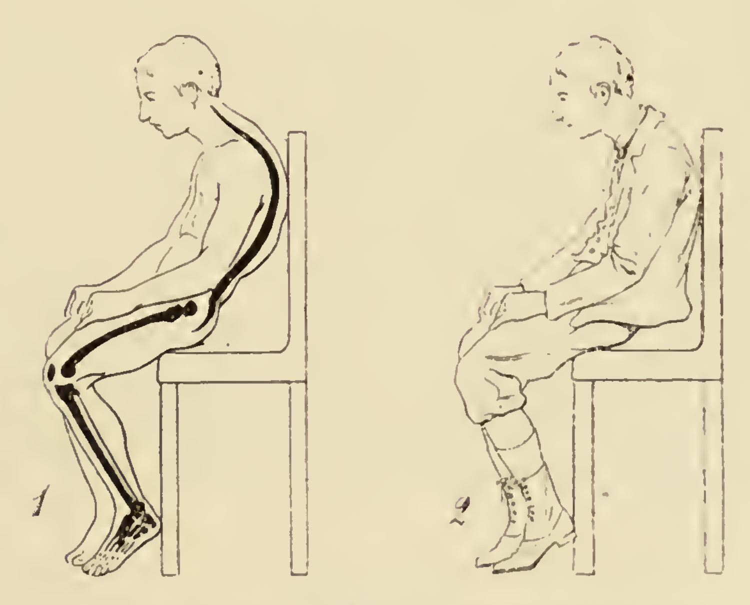


Fig. 118 et 119. — *Station assise* déplorable.

de la forme et de la hauteur du siège exige donc une attention spéciale pour les enfants (fig. 118 et 119).

L'écolier, l'employé de bureau, assis pendant plusieurs heures dans la journée, doivent éviter de s'asseoir de côté en portant tout l'effort sur l'une des fesses, sinon la colonne ver-

tébrale présente un aspect tortueux déplorable (*scoliose*, fig. 120).



Fig. 120. Scoliose [déviation de la colonne vertébrale].

2° *Influence de l'exercice sur le développement des muscles.*

La musculature de l'Homme doit être suffisante et non excessive; si les muscles prennent un développement exagéré, c'est au détriment des autres organes : l'harmonie des formes du sujet considéré n'y gagne pas, sa santé générale est compromise.

Nos athlètes forains ont un aspect général souvent disgracieux; de plus, ils sont sujets à la phtisie et leur activité cérébrale est à peu près nulle.

C'est par une gymnastique raisonnée, par un ensemble bien coordonné de mouvements, par la modération dans les exercices, que les muscles acquièrent leur développement convenable, *ce développement physique rationnel ne devant entraver d'aucune façon l'épanouissement des facultés intellectuelles.*

[L'expérience prouve qu'au contraire l'activité musculaire bien entendue calme l'excitabilité exagérée du système nerveux].

En principe, les muscles doivent être soumis à des *contractions énergiques et lentes, répétées fréquemment, sans fatigue, séparées par de longues périodes de repos;* les efforts exigés d'un muscle doivent être toujours en rapport avec sa section et, par suite, avec le nombre de fibres qui le composent. — A ces conditions, les muscles parfaitement nourris acquièrent un volume, une forme et une puissance en complète harmonie avec le développement général du corps et ses nécessités.

RÉSUMÉ

Le système musculaire comprend l'ensemble des **muscles** qui sont les *organes actifs du mouvement.*

I. **Description des muscles.** — Outre le cœur dont la structure est un peu spéciale, il existe 2 sortes de muscles :

les *muscles striés*, dont les contractions sont soumises à la volonté;
les *muscles lisses*, indépendants de la volonté.

Un muscle est formé d'un *ventre* (partie médiane musculaire renflée, de couleur rouge) compris entre 2 *tendons* (parties élastiques de couleur nacrée).

Entre les *faisceaux musculaires* dont le ventre est constitué, s'engagent les vaisseaux sanguins et les nerfs qui assurent la nutrition et la sensibilité du muscle.

II. **Propriétés des muscles.** — 1° Un muscle est *élastique*.

2° Un muscle est *contractile*, c'est-à-dire qu'il diminue de longueur sans changer de volume quand on l'excite.

On emploie le *myographe* pour étudier la contraction ou secousse musculaire.

III. **Leur nutrition.** — Un muscle *en repos* consomme du glucose et des corps gras (aliments respiratoires) ; il emprunte de l'oxygène au sang qui l'irrigue, et le charge de gaz carbonique.

Dans le muscle *en travail*, les combustions sont beaucoup plus actives, la circulation du sang plus rapide. — *La réaction du muscle devient acide* et la coagulation du suc musculaire des fibres survient par un travail exagéré (*rigidité*).

IV. **Muscles de l'organisme** (fig. 114).

V. **Influence de l'exercice et des attitudes sur la forme du corps.** — Tout mouvement met en jeu des muscles et des articulations déterminés; les organes en action s'adaptent aux genres de mouvements qu'ils exécutent. — Régir ces mouvements en vue de la conformation la plus harmonieuse du corps, c'est chercher la réalisation de l'idéal de *beauté*.

Le squelette est essentiellement malléable, pendant sa période de développement chez l'enfant et l'adolescent ; il adopte, dans ses diverses parties, une conformation en accord avec les *mouvements* et les *attitudes* qui lui sont imposés.

La preuve en est fournie par l'examen d'individus appartenant à différents corps de métier : sculpteur, mineur, commis aux écritures, etc.

Les muscles *non exercés s'atrophient.* — Sous l'influence de l'exercice fréquent, sans exagération comme intensité ni comme durée, ils s'accroissent et demeurent en harmonie avec les autres régions du corps. — Une musculature excessive est disgracieuse, gênante, nuisible parfois au développement des facultés intellectuelles.

III. — DES SENSATIONS

Impressions générales. — Impressions spéciales. Organes des sens.

Toute cellule vivante est sensible.

Une Amibe, par exemple, effectue des mouvements pour capturer une proie, parce que son protoplasme est modifié incessamment par les réactions qui assurent son activité vitale : il éprouve le *besoin* de se réparer : ce besoin est une **impression** vague, **générale**.

Que l'un des prolongements de l'Amibe *touche accidentellement* une particule étrangère : aussitôt il s'étale sur elle et l'englobe, de concert avec d'autres prolongements suscités par un mouvement plus actif du protoplasme (fig. 3). — Le contact de la particule étrangère avec la paroi de l'Amibe a provoqué, chez cet être, une *impression* plus nettement localisée, puisque la substance protoplasmique s'est portée dans la direction du corps étranger : c'est là une **impression spéciale**.

Dans le corps de l'Homme, ***colonie complexe de cellules***, chacune d'elles est toujours douée de la **sensibilité générale** qui est sous l'empire de la nutrition ; la colonie tout entière éprouve les impressions vagues de la *faim*, de la *soif*, du *besoin de respirer*, etc. — Mais la **sensibilité spéciale** est dévolue à des cellules particulières, superficielles ou groupées au voisinage de la périphérie du corps.

Ces groupes de cellules différenciées, destinées à recevoir les *impressions* du milieu extérieur sont les **organes des sens**. Des conducteurs, appelés *nerfs*, porteront ces impressions aux **centres nerveux**, chargés de les élaborer et de les transformer en *sensations*.

Nous percevons cinq sortes de **sensations** spéciales ou **sens** : Le *toucher*, le *goût*, l'*odorat*, l'*ouïe* et la *vue*.

Cinq sortes d'organes différenciés reçoivent ces impressions :
la *peau* est l'organe du toucher ;
la *langue* perçoit le goût des objets ;

le *nez* perçoit les odeurs;

l'*oreille* est l'organe de l'ouïe ou de la perception des sons, dus aux vibrations des corps;

l'*œil* est affecté à la vue des objets qui nous entourent.

Disposition générale des organes des sens. — Tout organe sensoriel se compose : d'une *partie fondamentale*, chargée de recevoir les impressions; d'*organes accessoires*, destinés surtout à la protéger et à modifier l'intensité des ébranlements.

La partie fondamentale comprend :

1° des *cellules sensorielles réceptrices, isolées ou groupées*, c.s (fig. 121);

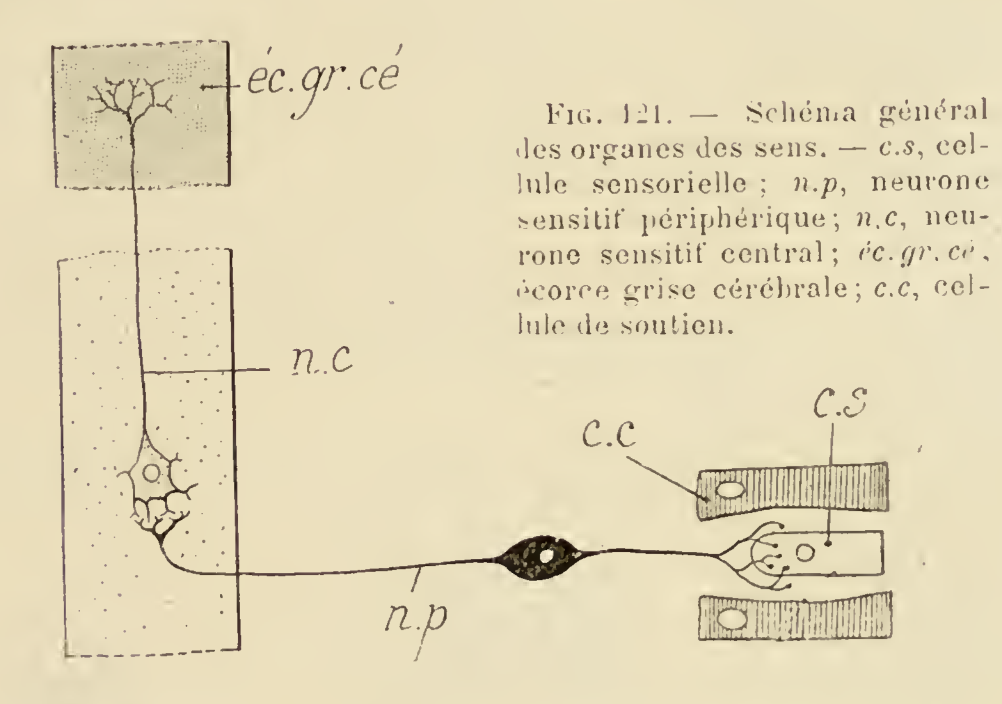


Fig. 121. — Schéma général des organes des sens. — *c.s*, cellule sensorielle; *n.p*, neurone sensitif périphérique; *n.c*, neurone sensitif central; *éc.gr.cé*, écorce grise cérébrale; *c.c*, cellule de soutien.

2° un *neurone sensitif périphérique*, *n.p*, conducteur des impressions;

3° un *neurone sensitif central*, *n.c*, faisant partie d'un centre nerveux, organe centralisateur qui transforme les impressions en sensations.

1° SENS ET ORGANE DU TOUCHER

La **peau** (fig. 86) *est l'organe du toucher.*

Elle comprend : l'*épiderme* à l'extérieur; le *derme* profond, séparé de l'épiderme par une surface ondulée.

L'**épiderme** se divise en deux couches :

1° la *couche de Malpighi*, composée de cellules vivantes en

voie de multiplication rapide, qui est au contact du derme ; 2° la *couche cornée*, formée de cellules mortes, en dehors.

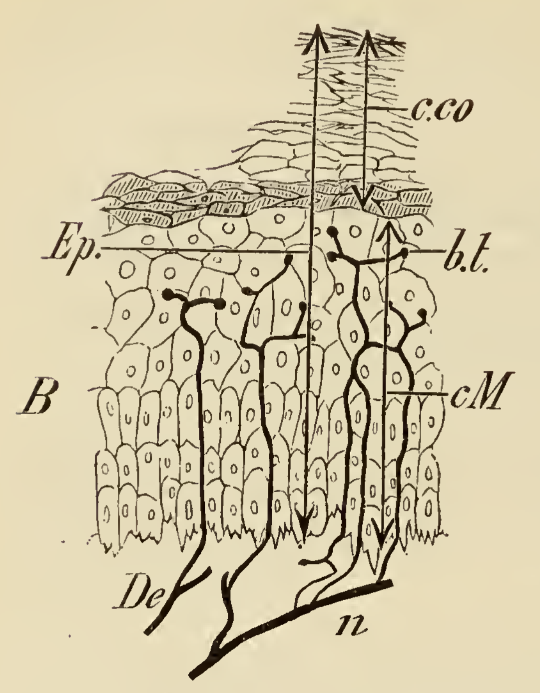


Fig. 122. — Terminaisons nerveuses intra-épidermiques. — *C.M*, couche de Malpighi ; *n*, nerf ; *b.t*, boutons terminaux.

Le **derme** est formé de tissu conjonctif, dans lequel courent les vaisseaux sanguins et les filets nerveux.

Il forme, du côté de l'épiderme, des saillies ou *papilles* de 2 sortes : les *papilles vasculaires sanguines*, renfermant les capillaires destinés à nourrir la couche de Malpighi ; les *papilles nerveuses* qui renferment les **corpuscules du tact**, très abondants au bout des doigts.

Terminaisons nerveuses dans la peau. — Les unes sont *intra-épidermiques*, les autres mésodermiques (*corpuscules du tact*).

Dans l'**épiderme** sont les ramifications de nerfs, *n* (fig. 122), qui aboutissent à des *boutons*, *b.t*, contenus dans la couche de Malpighi, *c.M*.

Dans le **derme**, les principaux corpuscules du tact sont ceux de *Meissner* (80 à 100 μ) ; d'autres, plus profondément placés et visibles à l'œil nu, sont les corpuscules de *Pacini* (1 000 à 4 000 μ).

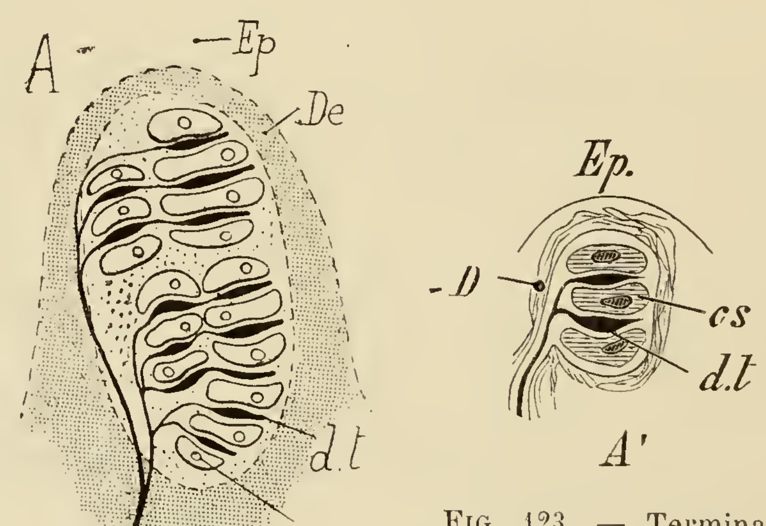


Fig. 123. — Terminaisons nerveuses tactiles. — *A*, corpuscule de Meissner situé dans le derme ; *n*, neurone périphérique. — *A'*, corpuscule simplifié ; *d.t*, disque tactile ; *c.s*, cellule de soutien.

A chaque corpuscule tactile, *A*, *A'* (fig. 123), aboutit une fibre nerveuse ramifiée, terminée par des renflements engagés entre les *cellules sensorielles*, *c.s*.

Des impressions perçues par la peau et par les muqueuses. — Dès que la peau est appliquée sur un objet, elle éprouve en même temps 2 impressions différentes :

celle du *contact* et celle de la *température* du corps ;

si, à l'inverse, l'objet est appliqué sur la peau, une 3e impression ressentie est celle du *poids* du corps.

Ces impressions sont plus ou moins vagues; elles deviennent assez précises par l'exercice de certaines régions de la peau : ainsi l'extrémité des doigts nous renseigne bien mieux sur la forme, la rugosité, l'étendue d'un objet, que ne le ferait la peau du dos.

Les terminaisons intra-épidermiques paraissent affectées à la perception de la *température;* les corpuscules de Meissner apprécient la qualité du *contact* (ce sont les véritables corpuscules du tact); les corpuscules de Pacini sont affectés à la notion de *pression*.

2° SENS ET ORGANE DU GOUT

La **langue** *est l'organe principal du goût.*

C'est une masse musculaire, amincie en avant et sur les

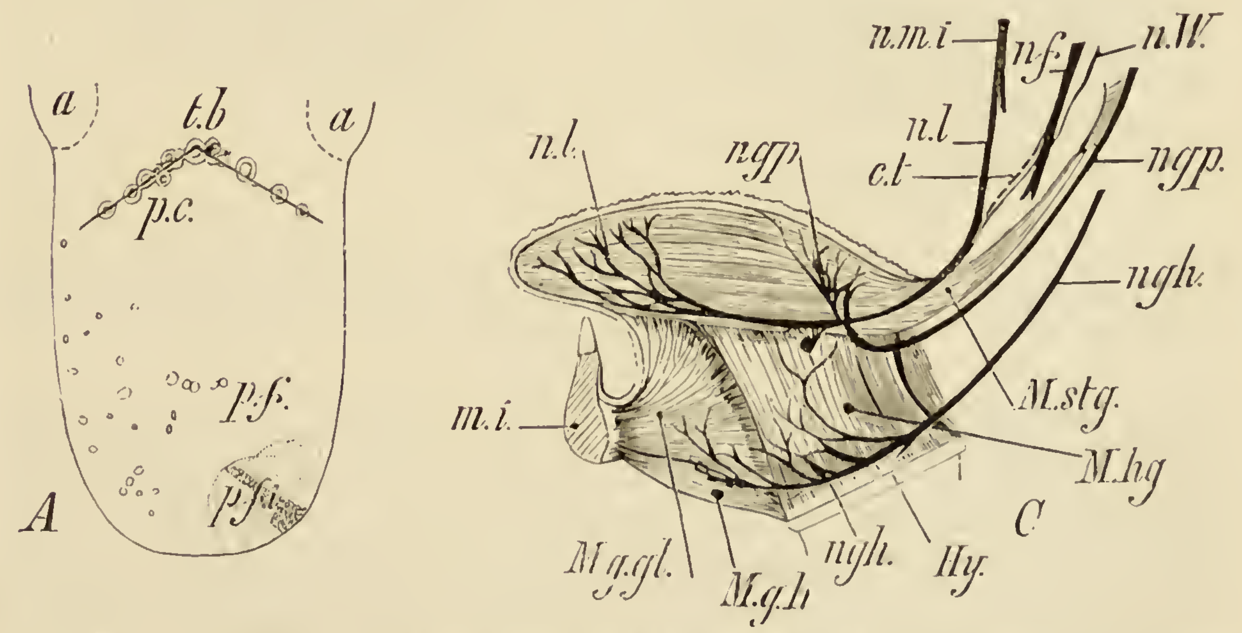


FIG. 124. — Langue. — *A*, face supérieure avec les papilles caliciformes, *pc*, formant un V. — *C*, muscles et nerfs de la langue : *m.i*, maxillaire inférieur ; *Hy*, os hyoïde ; *n.mi*, nerf maxillaire inférieur émettant le nerf lingual, *n.l* ; *n.g.p*, nerf glosso-pharyngien ; *n.g.h*, nerf grand hypoglosse.

côtés, épaisse au milieu (fig. 124) ; elle se continue en arrière

jusqu'à l'épiglotte (fig. 25); la membrane muqueuse qui la recouvre présente de nombreuses saillies appelées *papilles linguales.*

Les plus importantes appelées *papilles caliciformes, p.c,* forment, sur le dos de la langue, un V dont le sommet est dirigé en arrière.

Aux papilles linguales aboutissent les terminaisons du nerf *glosso-pharyngien, n.g.p* et du nerf *lingual, n.l.* Ces nerfs recueillent les *impressions gustatives* et *tactiles*, et les conduisent à l'encéphale.

La langue reçoit encore le *nerf grand hypoglosse, n.g.h,* qui se ramifie dans les muscles de cet organe.

Bourgeons gustatifs. — Les papilles caliciformes portent sur les côtés de nombreux bourgeons gustatifs, *b.g* (fig. 125).

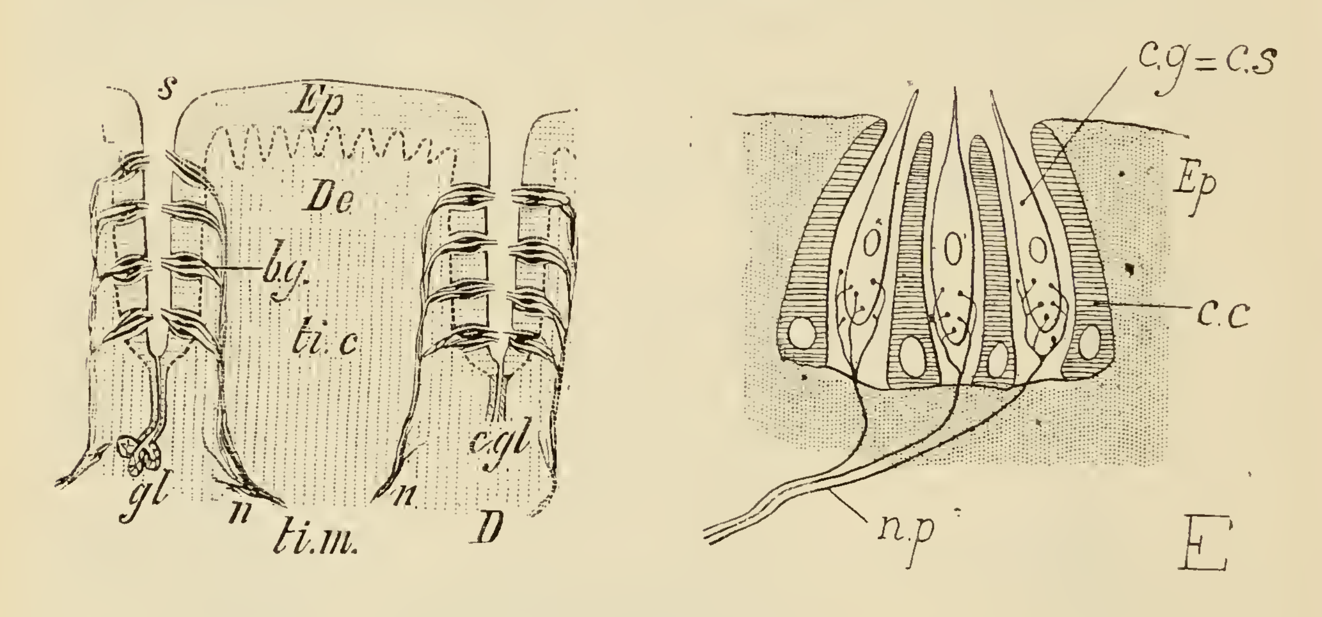


Fig. 125. — Papille caliciforme. *D.* — *Ep*, épiderme; *De*, derme; *n*, nerf se rendant aux bourgeons gustatifs, *b.g.* — *E*, bourgeon gustatif très grossi, avec les cellules gustatives ou sensorielles, *c.g*, et les cellules de soutien, *c.c.*

Un bourgeon, *E*, comprend des *cellules gustatives* fusiformes, *c.g*, et des *cellules de soutien, c.c.* — Chaque cellule gustative fusiforme est embrassée par les terminaisons d'une fibrille du *nerf glosso-pharyngien*, nerf qui emporte à l'encéphale l'impression reçue par son extrémité libre, saillante dans le sillon de la papille caliciforme.

Des impressions perçues par la muqueuse linguale. — Un objet est appliqué sur la langue. Cet organe en tire 2 impressions : celle du *contact* et celle du *goût* (*saveur*) de l'objet.

L'*impression tactile* est surtout perçue à la pointe de la langue par les rameaux du *nerf lingual*.

Un objet ne donne d'*impression gustative* que s'il est dissous au préalable dans la salive : on admet que la solution obtenue agit chimiquement sur les cellules gustatives, en rapport avec le *nerf glosso-pharyngien*.

Les seules impressions vraiment gustatives sont données par les corps ayant une saveur *sucrée* ou une saveur *amère* ; et encore ne peuvent-elles être nettement définies.

La partie antérieure de la langue est surtout tactile ; la région des papilles caliciformes paraît surtout gustative.

3° SENS ET ORGANE DE L'ODORAT

Le **nez** *est l'organe de l'odorat.*

Il occupe le milieu du visage. — Deux orifices antérieurs ou *narines* permettent à l'air de pénétrer dans les 2 *cavités nasales ;* celles-ci communiquent avec le pharynx, en arrière, par les *fosses nasales postérieures*, *f.n.p* (fig. 126).

Les cavités nasales, séparées par la cloison médiane du nez sont isolées de la bouche par la voûte du palais ; la paroi latérale de chacune d'elles porte 3 replis appelés *cornets* (*CS*, *CM*, *CI*) qui en augmentent la surface (fig. 126 et 127).

Fig. 126. — Nez. — *fr*, frontal ; *na*, nasal ; *et*, ethmoïde ; *sp*, sphénoïde ; *ma*, maxillaire supérieur ; *pa*, palatin ; *v.pa*, voile du palais. *Or*, orifice antérieur du nez ; *f.n.p*, fosse nasale postérieure ; *CS*, *CM*, *CI*, cornets du nez ; *l.ol*, *n.ol*, lobe et nerf olfactifs.

Une muqueuse dite *membrane pituitaire* tapisse les cavités nasales ; elle se conti-

nue avec la peau en avant, avec la muqueuse pharyngienne en arrière.

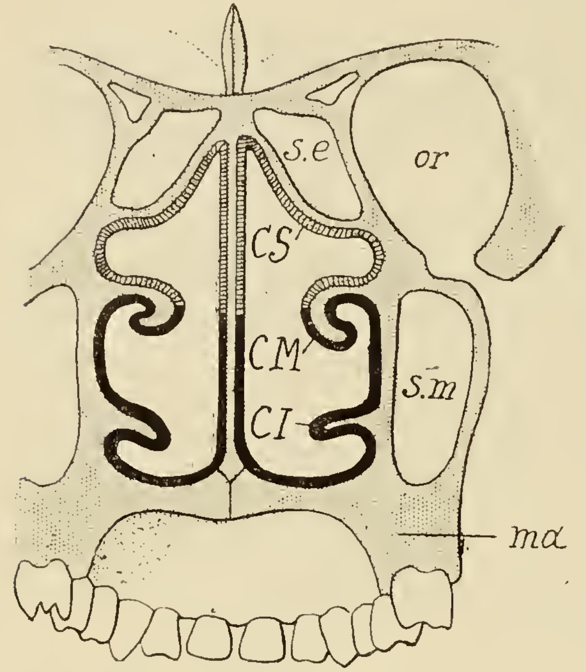


Fig. 127. — Section transversale des 2 fosses nasales. — *CI*, *CM*, *CS*, cornets inférieur, moyen et supérieur; *ma*, maxillaires supérieurs. — La *région rouge* de la muqueuse pituitaire est figurée en noir; la *région jaune*, par des hachures.

Muqueuse pituitaire. — La muqueuse pituitaire présente 2 régions à considérer :

1° la **région rouge** *qui comprend les cornets inférieurs et la moitié inférieure des cornets moyens ;*

2° la **région jaune**, *partie supérieure des cavités nasales.*

A cette différence d'aspect correspondent des différences anatomiques et physiologiques.

1° **Région rouge.** — La muqueuse pituitaire y est recouverte de cellules vibratiles, comme celles de la trachée-artère (fig. 50); de nombreuses glandes muqueuses y déversent leur sécrétion; les vaisseaux sanguins y forment un réseau admirable qui maintient cette région chaude et humide.

2° **Région jaune.** — On y trouve, au milieu de cellules à mucus, des *cellules sensorielles olfactives.*

Ces dernières sont en rapport avec les nombreuses branches d'épanouissement du *lobe olfactif*, *l.ol*, à travers la *lame criblée de l'ethmoïde*, *et.*

Des impressions reçues par la muqueuse olfactive. — *La région rouge de la muqueuse pituitaire reçoit uniquement des impressions tactiles; la région jaune est affectée à la perception des impressions olfactives.*

La première région est protectrice de l'arbre pulmonaire; elle le préserve en partie de l'accès des poussières, tout en échauffant et en humidifiant au passage l'air inspiré; elle joue donc un rôle important dans la fonction respiratoire.

La région olfactive ne peut percevoir l'odeur des objets que s'ils sont gazeux ou si les particules qui s'en détachent, mainte-

nues en suspension dans l'air, *sont solubles dans le liquide qui imprègne la muqueuse pituitaire.* On admet alors que cette dissolution réagit chimiquement sur les cellules olfactives et les impressionne.

4° SENS ET ORGANE DE L'OUÏE

*L'organe de l'ouïe est l'*oreille.

Description sommaire de l'appareil auditif chez l'Homme. L'appareil auditif comprend 3 régions principales :

1° l'*oreille externe* qui recueille les vibrations sonores ;

2° l'*oreille moyenne* qui les renforce ;

3° l'*oreille interne* qui reçoit les impressions sonores, lesquelles affectent les terminaisons du *nerf acoustique.*

L'oreille externe comprend : le *pavillon*, *P* (fig. 128) ; le *conduit auditif externe* [1], fermé en dedans par la *membrane du tympan* [2].

L'oreille moyenne ou *caisse du tympan* [3] est une cavité osseuse, en rapport avec les fosses nasales postérieures par la *trompe d'Eustache* [4]. — Sa paroi est percée en avant d'un orifice fermé par la membrane du tympan [2]. Elle présente en arrière deux autres orifices : la *fenêtre ovale* [7] et la *fenêtre ronde* [8], fermées par les membranes du même nom. — Une suite de petits os, formant la *chaîne des osselets* [6], met en rapport la membrane du tympan avec la membrane de la fenêtre ovale. — La caisse du tympan est remplie d'air.

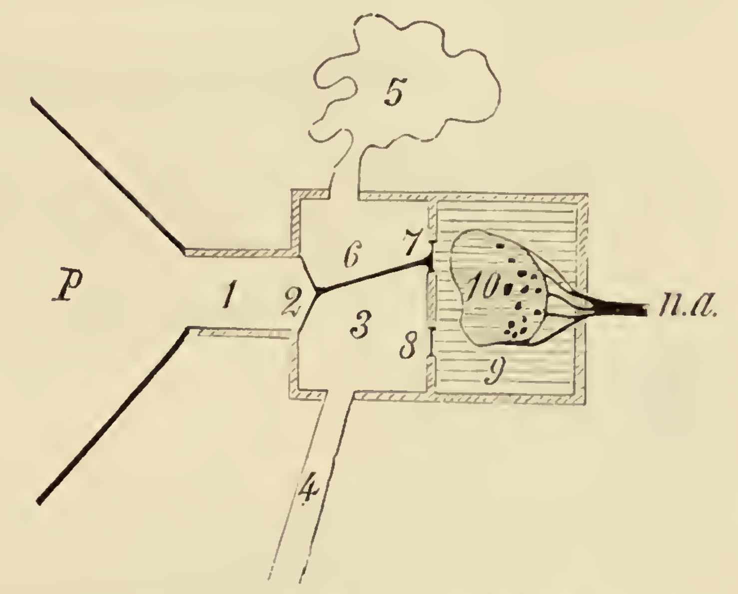


Fig. 128. — Schéma de l'oreille de l'Homme. — *Oreille externe : P*, pavillon ; 1, conduit auditif externe. — *Oreille moyenne :* 2, membrane du tympan ; 3, caisse du tympan ; 4, trompe d'Eustache ; 6, chaîne des osselets ; 7, membrane de la fenêtre ovale ; 8, membrane de la fenêtre ronde. — *Oreille interne :* 9, périlymphe contenue dans le labyrinthe osseux ; 10, labyrinthe membraneux rempli d'endolymphe et contenant des otolithes en suspension ; *n.a*, nerf auditif. (La forme des labyrinthes osseux et membraneux a été portée au maximum de simplicité.)

L'oreille interne ou labyrinthe osseux contient la *périlymphe* [9], liquide dans lequel est en suspension le *labyrinthe membraneux* [10], rempli lui-même d'*endolymphe.* Dans l'endolymphe nagent des granulations solides ou *otolithes*, mobiles en présence de *cellules ciliées* auxquelles aboutissent les terminaisons du *nerf auditif*, *n.a.*

Rôle fondamental de l'oreille. — Les vibrations de l'air, recueillies par le pavillon, sont transmises par le conduit auditif externe à la membrane du tympan. Celle-ci agit sur la chaîne des osselets qui ébranle la membrane de la fenêtre ovale. La périlymphe, en mouvement, communique ses vibrations à l'endolymphe par la paroi du labyrinthe membraneux ; les otolithes impressionnent les *cellules ciliées* voisines ; le nerf auditif recueille les *impressions auditives*, puis les conduit à l'encéphale.

CONSTITUTION DE L'OREILLE ET SES FONCTIONS

1° **Oreille externe.** — **Pavillon.** C'est une lame fibro-cartilagineuse ondulée, formant une sorte d'entonnoir dont le bec se continue par le conduit auditif externe ; cette lame, diversement repliée (fig. 129), réfléchit les ondes sonores vers l'oreille moyenne et nous renseigne sur la direction d'où vient le son.

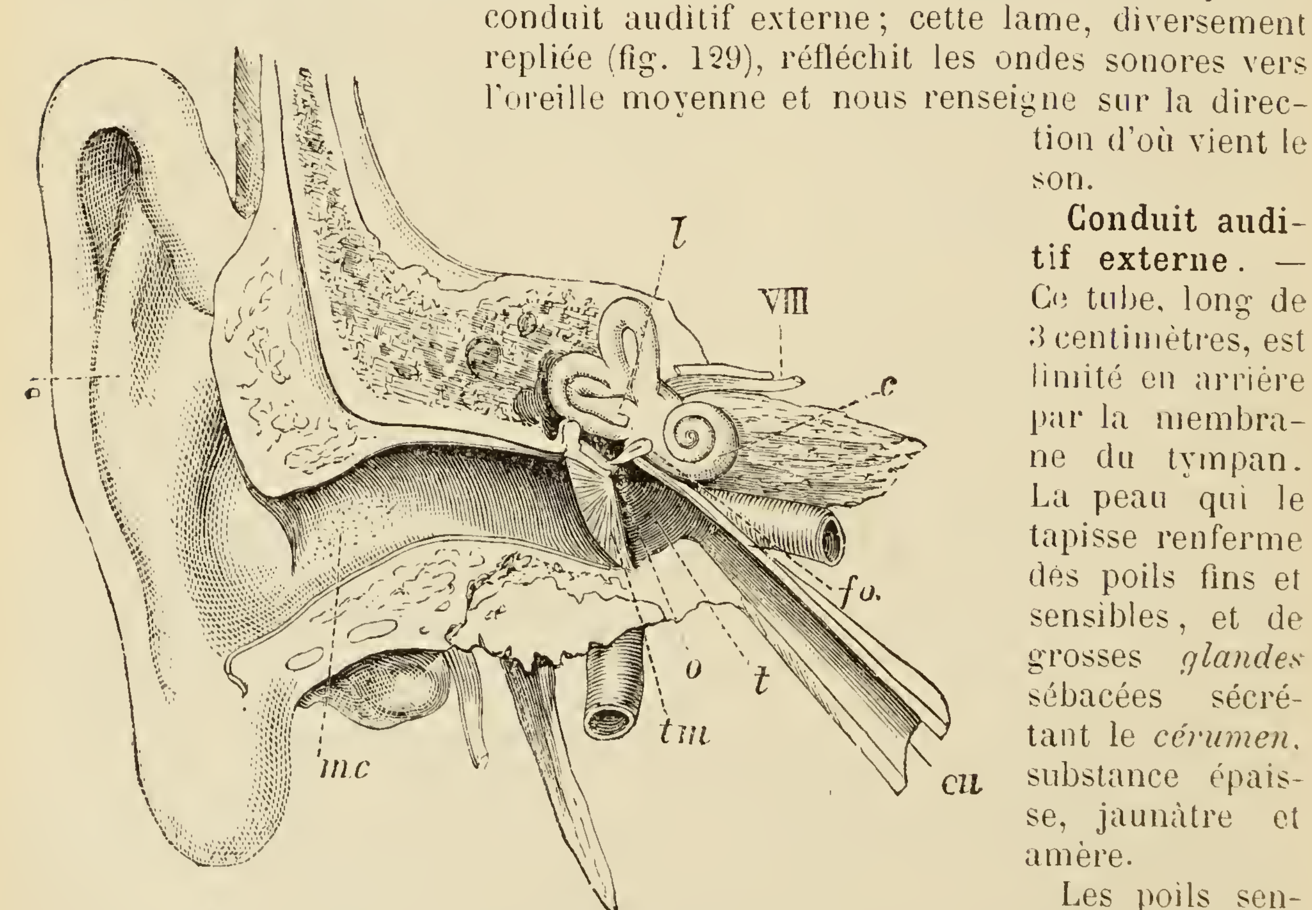


Fig. 129. — Oreille de l'Homme.

Conduit auditif externe. — Ce tube, long de 3 centimètres, est limité en arrière par la membrane du tympan. La peau qui le tapisse renferme des poils fins et sensibles, et de grosses *glandes* sébacées sécrétant le *cérumen*, substance épaisse, jaunâtre et amère.

Les poils sensibles nous préviennent qu'un insecte, un corps quelconque, se sont introduits dans le conduit auditif ;

le cérumen arrête au passage les poussières de l'air. — La membrane du tympan est ainsi protégée.

2° **Oreille moyenne**. — La *caisse du tympan, C. T* (fig. 130), est une

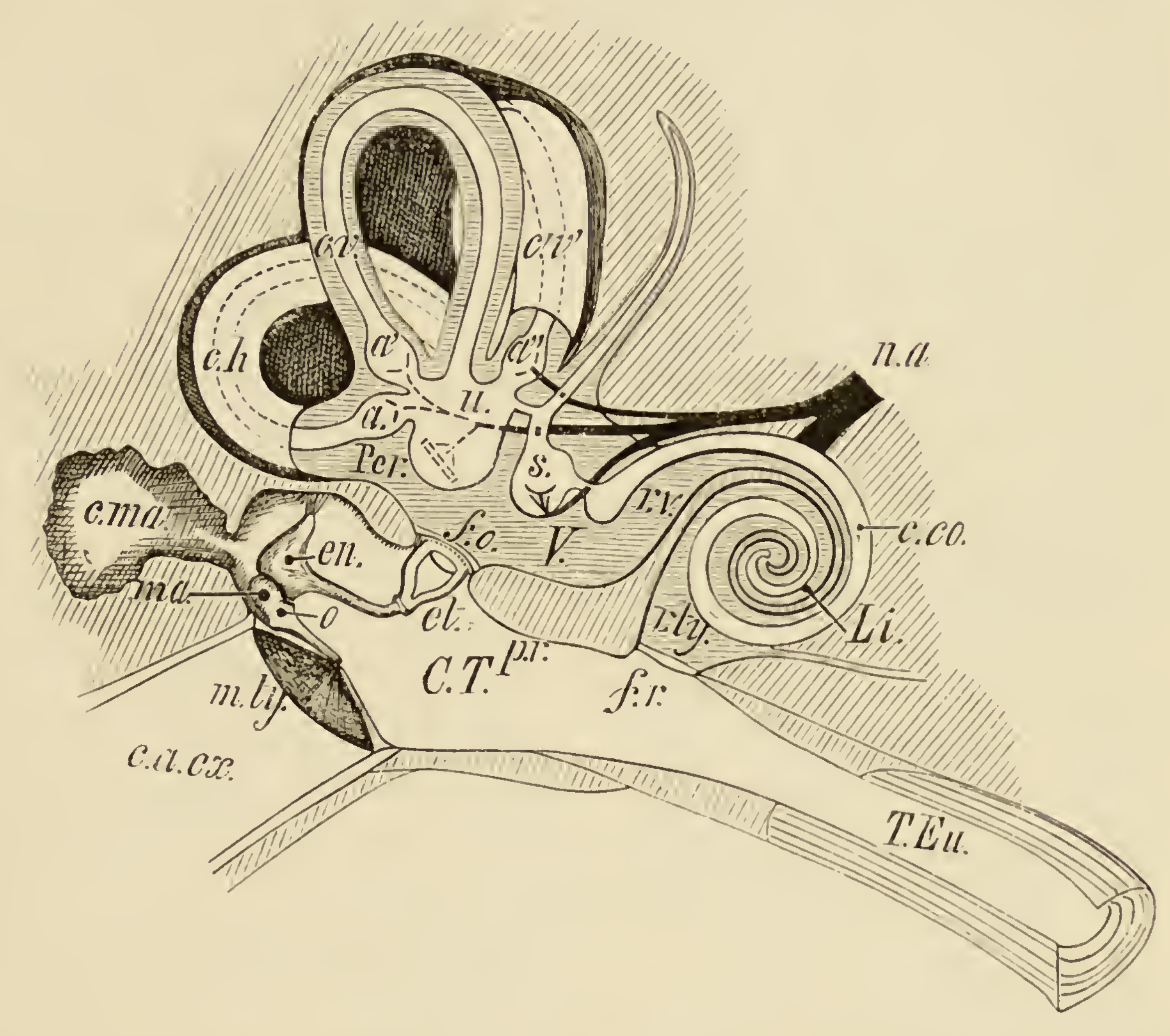


Fig. 130. — Figure schématique de l'oreille. — *Oreille externe : c.a.cx*, conduit auditif. — *Oreille moyenne : C.T*, caisse du tympan ; *m.ty*, membrane du tympan ; *T.Eu*, trompe d'Eustache ; *f.o*, fenêtre ovale ; *f.r*, fenêtre ronde ; *m.a*, marteau ; *en*, enclume ; *et*, étrier. — *Oreille interne : V*, vestibule ; *c.h,c.v,c'.v'*, canaux semi-circulaires ; *Li* limaçon ; *Per*, périlymphe remplissant le labyrinthe osseux. — *c.co*, canal cochléaire ; *s*, saccule ; *u*, utricule ; *a*, *a'*, *a''*, ampoules des canaux semi-circulaires ; *n.a*, nerf auditif et ses ramifications se rendant au labyrinthe membraneux.

cavité irrégulière, communiquant avec les fosses nasales postérieures par la *trompe d'Eustache*, *T. Eu*.

Sa paroi présente :

du côté externe, un orifice circulaire fermé par la *membrane du tympan*, *m.ty* ;

du côté interne, la *fenêtre ovale*, *f.o*, fermée par la membrane du même nom en haut ; la *fenêtre ronde*, *f.r*, au-dessous, également pourvue d'une membrane.

De la membrane du tympan à celle de la fenêtre ovale s'étend la *chaîne des osselets ;* cette chaîne est composée du *marteau*, *ma*, de l'*enclume*, *en*, et de l'*étrier*, *ét*.

Trompe d'Eustache. — *A chaque mouvement de déglutition, ce canal*

s'ouvre et assure l'équilibre de pression entre l'air de la caisse du tympan et l'air extérieur.

Membrane du tympan. — C'est une lame mince, *m.ty*, inclinée de dehors en dedans et d'arrière en avant; elle a la forme d'un cône dont le sommet est saillant dans la caisse du tympan. Tapissée par la peau sur sa face externe, par la muqueuse tympanique sur sa face interne, elle présente un feuillet *moyen* composé de fibres entre lesquels est engagé le manche du marteau.

Chaîne des osselets. — Le marteau, l'enclume et l'étrier forment une chaîne ininterrompue entre les membranes du tympan et de la fenêtre ovale.

Le manche du *marteau* est surmonté d'une tête renflée, contre laquelle s'appuie l'*enclume*. Cette dernière a la forme d'une molaire à deux racines, dont la couronne reçoit la tête du marteau; sa racine inférieure, dirigée de haut en bas, se recourbe ensuite à angle droit et rejoint la tête de l'*étrier*.

L'*étrier* s'appuie, par sa base, sur la membrane de la fenêtre ovale et bouche exactement cet orifice.

Muscles des osselets. — 2 petits muscles antagonistes font mouvoir la chaîne des osselets : ce sont les *muscles du marteau* et *de l'étrier*.

Par sa contraction, le *muscle du marteau* fait pivoter cet osselet de *AB* en *A'B'*, autour d'un axe fixe, *O* (fig. 131); *la membrane du tympan est ainsi tendue;* l'enclume est solidaire des mouvements du marteau et l'étrier s'enfonce dans la fenêtre ovale, de *D* en *D'*.

Au contraire, le *muscle de l'étrier relâche*, en se contractant, *la membrane du tympan.*

Fig. 131. — Schéma traduisant le rôle de la chaîne des osselets.

Rôles de l'oreille moyenne. — L'oreille moyenne *renforce les sons.*

La membrane du tympan vibre, sous l'influence des ondes sonores qui lui sont transmises par l'air de l'oreille externe. Elle a une *tension variable* grâce aux contractions du muscle du marteau; aussi peut-elle vibrer pour tous les sons dus à un nombre de vibrations compris entre 32 et 23 000 par seconde.

La chaîne des osselets fait l'office d'un levier coudé, *ABCD*, qui *transmet* les mouvements de la membrane du tympan à celle de la fenêtre ovale.

3° **Oreille interne.** — C'est la partie fondamentale de l'appareil auditif. Elle comprend le labyrinthe osseux et le labyrinthe membraneux.

1° **Labyrinthe osseux.** — Il se compose du *vestibule*, *V* (fig. 130), des *canaux semi-circulaires*, *ch*, *cv*, *c'v'*, et du *limaçon osseux*, *Li* [enveloppes dures du labyrinthe membraneux].

Le labyrinthe osseux est séparé, par la *périlymphe*, du limaçon membraneux qu'il renferme.

2° **Labyrinthe membraneux.** — Dans le vestibule se trouvent :

l'*utricule*, *u* (fig. 130), en rapport avec les *canaux semi-circulaires membraneux ;*

le *saccule*, *s*, communiquant avec le *canal cochléaire*, *c.co*, logé dans le limaçon osseux.

Le tout est rempli d'*endolymphe*.

Des saillies de la paroi [*taches auditives* dans le saccule et l'utricule, *crêtes auditives* dans les ampoules des canaux semi-circulaires] sont tapissées de *cellules auditives*, *c.a* (fig. 132). — Ces cellules, ciliées sur leur face libre, communiquent d'autre part avec les neurones du nerf auditif, *n.p*.

Au voisinage des cils se trouvent, en suspension dans l'endolymphe, des *otolithes* dont les mouvements, dus aux vibrations du liquide, impressionnent les cellules auditives ; les branches du nerf auditif recueillent ces impressions.

Le *canal cochléaire*, *c. co*, renferme également des cellules auditives ciliées impressionnables d'une façon particulière, en rapport également avec le nerf auditif.

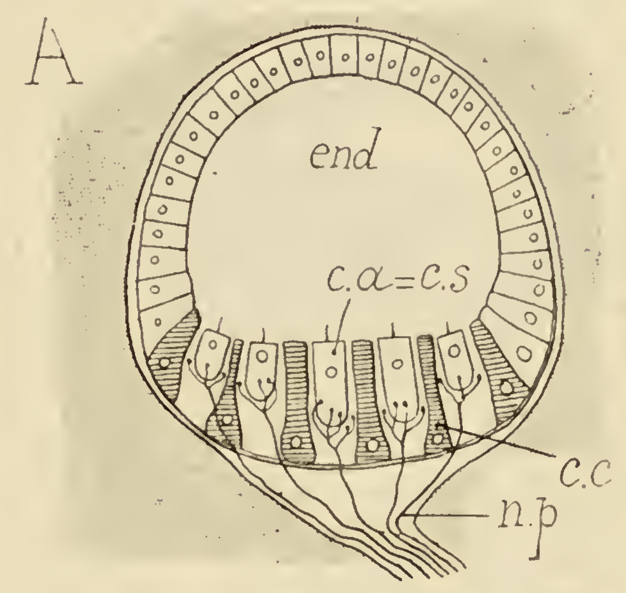


Fig. 132. — Coupe d'une crête auditive : *c.a*, cellules auditives dont les cils sont baignés par l'endolymphe, *end* ; *n.p*, terminaisons des fibres du nerf auditif.

Rôles de l'oreille interne. — Le mouvement vibratoire des corps, communiqué par l'air à l'oreille, y produit : soit une impression vague appelée *bruit*, soit une impression nette appelée *son*.

Un son possède 3 qualités : l'*intensité*, la *hauteur* et le *timbre*.

L'*intensité* dépend de l'amplitude des vibrations du corps en mouvement.

La *hauteur* dépend du nombre de vibrations par seconde.

Le *timbre* résulte d'une superposition de sons, permettant à l'oreille d'apprécier un son composé.

L'oreille interne a pour rôle d'analyser les sons.

La membrane de la fenêtre ovale, en vibration, ébranle la périlymphe du labyrinthe osseux. L'endolymphe participe à cet ébranlement. Les cellules ciliées, réparties en divers points de la paroi du labyrinthe membraneux, sont impressionnées et communiquent leur excitation au nerf auditif.

Les **taches auditives** *du saccule et de l'utricule semblent avoir pour rôle d'apprécier les bruits et leur intensité. — Les* **canaux semi-circulaires** *permettent de rapporter à un point donné de l'espace le mouvement vibratoire perçu.*

Le **canal cochléaire** *analyse les sons musicaux.*

5° SENS ET ORGANE DE LA VUE

*L'*œil *est l'organe de la vue.*

Sa délicatesse extrême exige qu'il soit protégé spécialement. Nous étudierons l'**œil** d'abord, puis son **appareil protecteur**.

A. — De l'œil.

L'œil a la forme sphérique (fig. 133). — Il est logé dans une cavité latérale de la face, appelée *orbite.*

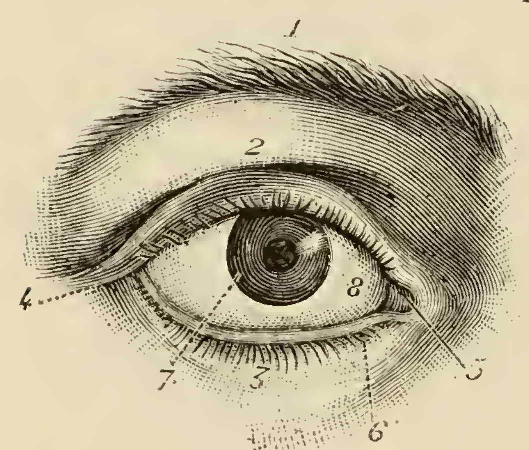


Fig. 133. — Œil. 1, sourcil ; 2, 3, paupières ; 6, cils ; 7, iris et la pupille ; 8, sclérotique.

Il est composé de **membranes** et de **milieux transparents.**

Les **membranes** de l'œil sont, de dehors en dedans : la *sclérotique*, la *choroïde* et la *rétine.*

1° La **sclérotique**, *scl* (fig. 134), est blanche, fibreuse et résistante ; elle est percée en arrière d'un orifice pour le passage du *nerf optique*, *n.o* ; en avant, elle se prolonge par la *cornée transparente* plus bombée, *co.*

2° La **choroïde**, *ch*, est sillonnée de nombreux vaisseaux sanguins, fortement colorée en noir par des cellules chargées de pigment.

En avant, la choroïde se continue par une région musculaire appelée *région ciliaire*, *ci*, et par l'*iris*, *I.*

Fig. 134. — Coupe de l'œil : *scl*, *sclérotique ; ch. choroïde ; r*, *rétine ; ci.l*, *ci.c*, région ciliaire de la choroïde ; *co*, cornée transparente recouverte par la membrane conjonctive, *ep* ; *h.a*, humeur aqueuse ; *I*, iris et la pupille, *p* ; *cr*, cristallin ; *l.s*, ligament suspenseur ; *n.o*, nerf optique ; *r*, rétine ; *p.a*, point aveugle ; *t.j*, tache jaune.

La **région ciliaire** présente en dehors le *muscle ciliaire* et en dedans les *procès ciliaires.*

Le muscle ciliaire est formé : 1° d'une couche externe de fibres lisses longitudinales, *c.il*, insérées entre la périphérie de

la choroïde proprement dite en arrière, et la base de l'iris en avant; 2° d'un anneau interne de fibres lisses circulaires, *ci.c* (vues en coupe sur la figure 134).

Les procès ciliaires sont des plis saillants vers l'intérieur, disposés en rayons tout autour du cristallin, sur le *ligament suspenseur* duquel ils appuient, en *l.s*; ces pyramides peuvent se gonfler beaucoup par l'afflux du sang; elles pressent alors sur le ligament suspenseur dont la tension varie et modifie la forme du cristallin.

L'**iris** est un diaphragme musculaire transversal, percé en son milieu d'un trou appelé *pupille*, *p*. — Les fibres musculaires lisses de l'iris sont : les unes *radiées*, les autres *circulaires*. En se contractant, les premières agrandissent la pupille, les secondes la rétrécissent.

3° La **rétine**, *r*, *membrane fondamentale et sensible de l'œil*, résulte de l'épanouissement du nerf optique; elle forme une coupe dont le bord est dirigé en avant.

La rétine présente, au point où la rencontre l'axe antéro-postérieur de l'œil, une petite fossette appelée *tache jaune*, *t.j*, qui est la *région visuelle proprement dite*. — On appelle *point aveugle*, *p.a*, la région où le nerf optique s'épanouit dans l'œil.

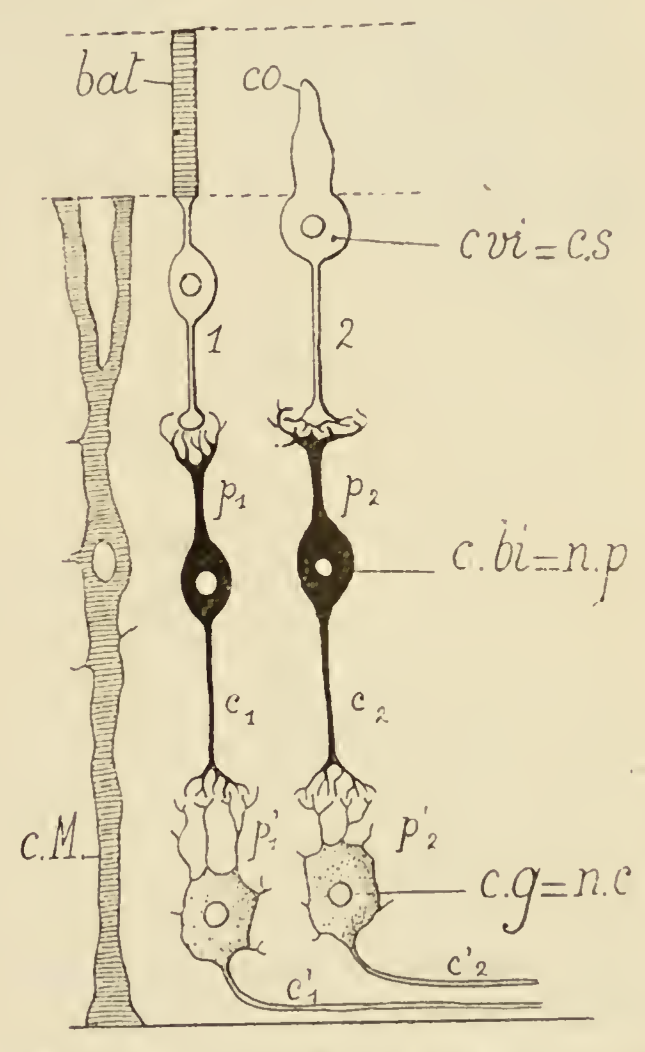


Fig. 135. — Schéma de la rétine. — Les cellules sensorielles visuelles, *c.vi* = *c.s*, sont pourvues de cônes, *co*, et de bâtonnets, *bat* : *c.bi*, cellules bipolaires ou neurones périphériques, *n.p*; *c.g*, cellules ganglionnaires ou neurones centraux, *n.c*. — *c.M*, cellules de soutien.

Les éléments rétiniens, sensibles à l'action de la lumière, sont des cellules à *cônes* et des cellules à *bâtonnets* (fig. 135), orientées du côté de la choroïde et en connexion avec les cellules nerveuses qui forment la rétine.

La rétine est un véritable ganglion nerveux de large surface, présentant, de dehors en dedans, trois étages d'éléments principaux :

1° la couche des *cellules* sensorielles *visuelles*, *c.vi* (fig. 135 et 136);

2° la couche des *cellules bipolaires* ou *neurones sensitifs périphériques*, c.bi = n.p ;

3° la couche des *cellules ganglionnaires* ou *neurones sensitifs centraux*, c.g = n.c.

Les *cellules visuelles*, qui comprennent des *cellules à cônes* et des *cellules à bâtonnets*, sont indistinctement réparties dans toute l'étendue de la couche externe de la rétine ; elles y sont pressées parallèlement les unes aux autres ; mais *dans la tache jaune on ne trouve que des cellules avec cônes*, au nombre de 2000 environ.

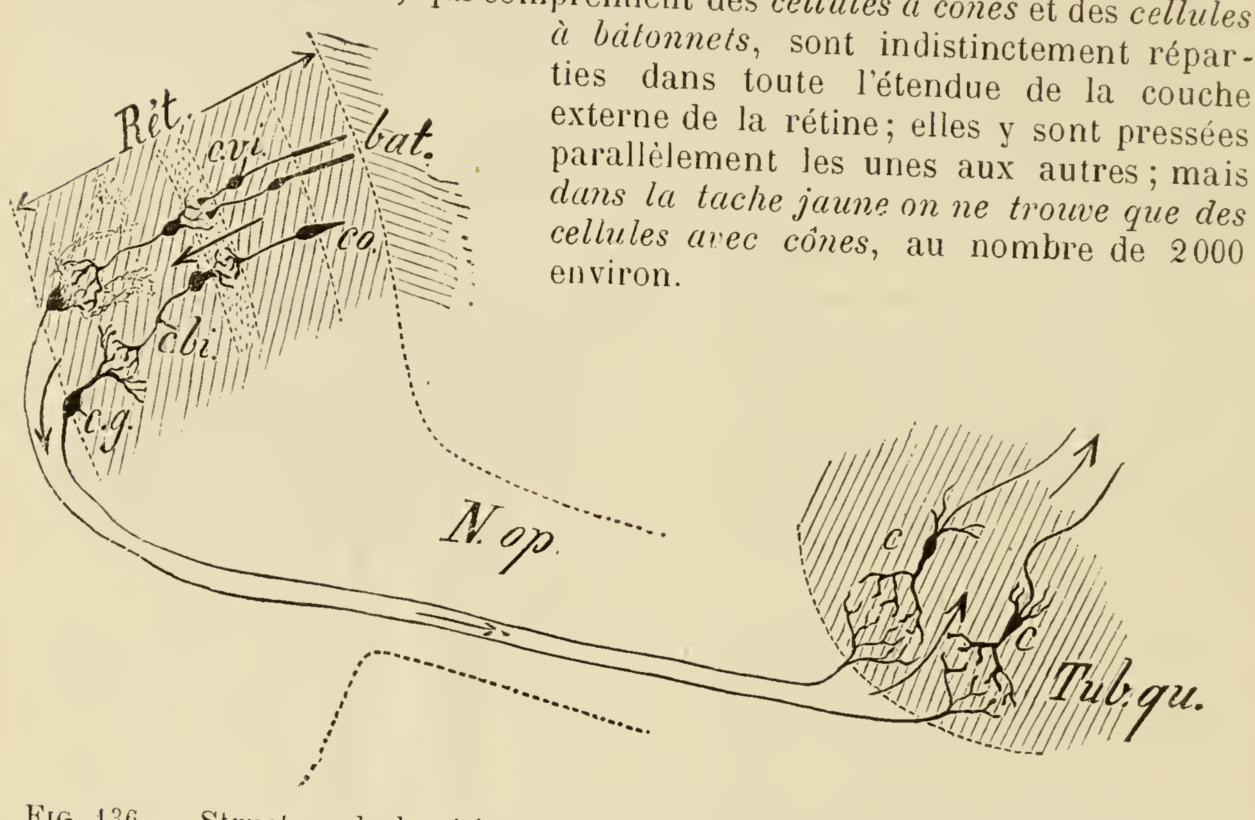


Fig. 136. — Structure de la rétine, *Rét* ; ses rapports avec les tubercules quadrijumeaux, *Tub.qu*, dans l'encéphale. — *c.vi*, cellules visuelles à bâtonnets et à cônes ; *c.bi*, cellules bipolaires ; *c,g*, cellules ganglionnaires ; *N.op*, nerf optique.
Les flèches indiquent la direction suivie par une impression lumineuse, de la rétine à l'encéphale.

Les **milieux transparents** de l'œil sont, d'avant en arrière :

1° la **cornée transparente**, *co*, constituant un milieu transparent à faces parallèles ;

2° l'**humeur aqueuse**, limpide, comprise entre la cornée et l'iris ;

3° le **cristallin**, *cr*, lentille biconvexe maintenue en arrière de l'iris et en avant du corps vitré, par le *ligament suspenseur* ;

4° le **corps vitré**, *cv*, substance gélatineuse qui remplit tout le fond du globe oculaire.

ROLE PHYSIOLOGIQUE DE L'ŒIL

L'œil est un *instrument d'optique*, destiné à concentrer les rayons lumineux, provenant des objets situés dans l'espace, sur la rétine où se formeront les images.

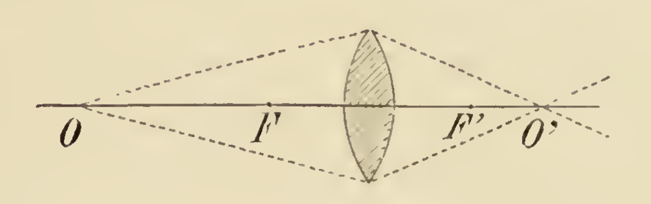
C'est un *appareil sensible*, dans lequel la lumière provoque des réactions chimiques propres à faire naître des impressions sensorielles dites lumineuses : ainsi l'œil est comparable à une chambre photographique.

1° **L'œil est un instrument d'optique.** — Un instrument d'optique se compose de lentilles transparentes, dont l'indice de réfraction est assez élevé en général. L'œil comprend de semblables milieux transparents.

La lentille principale en est le cristallin dont l'indice de réfraction est le plus élevé (1,44); l'indice est à peu près le même (1,35) pour la cornée, l'humeur aqueuse et le corps vitré.

Le cristallin joue donc un rôle prépondérant dans la marche des rayons lumineux dans l'œil.

On peut rapporter l'œil à une *lentille biconvexe* dont le centre optique serait voisin de la face postérieure du cristallin.



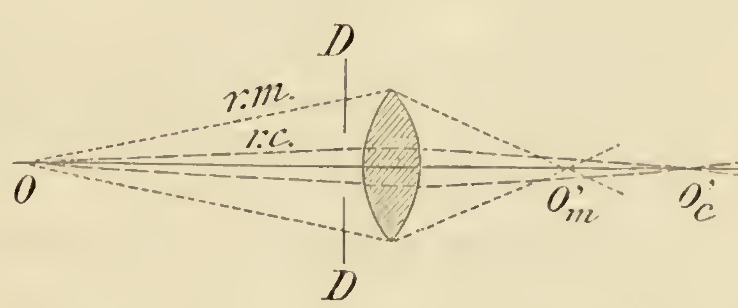


Fig. 137 et 138. — Réfraction d'un faisceau lumineux conique divergent de sommet O, dans une lentille qui le transforme en un faisceau conique convergent de sommet O'. — D, diaphragme pour supprimer l'inconvénient dû à l'aberration de sphéricité dans les lentilles épaisses.

(*a*) Un *faisceau cylindrique* de rayons lumineux, traversant une lentille biconvexe, se réfracte en un faisceau conique convergent ayant son sommet dans le plan focal principal, situé de l'autre côté de la lentille.

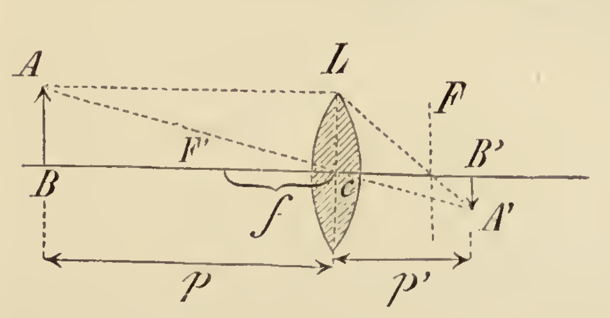


Fig. 139. — Construction de l'image $A'B'$ d'un objet AB, donnée par la lentille L.

Un faisceau lumineux incident, conique et divergent, émis par un point lumineux, O (fig. 137), situé à une distance de la lentille plus grande que la distance focale principale, donne, après réfraction, un autre faisceau conique, convergeant en un point O' dit l'*image du point* O.

Si la lentille est épaisse, les rayons marginaux, $r.m$ (fig. 138), du faisceau incident émis par le point O convergent en un point O'_m, tandis que les rayons centraux du même faisceau, $r.c$, convergent en O'_c : l'image du point O n'est plus nette. Pour

éviter cet inconvénient, on supprime les rayons marginaux à l'aide d'un *diaphragme*, *D*.

Un *tel diaphragme est nécessaire dans l'appareil optique que forme l'œil.*

(*b*) Les rayons lumineux émis par un objet, *AB* (fig. 139), situé en avant de la lentille biconvexe, *L*, à une distance supérieure au double de la distance focale principale, se réfractent à travers la lentille, en formant au delà une image réelle et renversée, *A'B'*, située à une distance de la lentille comprise entre la distance focale principale et le double de cette distance.

Quand la distance de l'objet à la lentille varie, la distance de la lentille à l'image varie aussi. — Il n'en saurait être ainsi *dans l'œil, où l'image doit se former toujours sur la rétine.*

L'œil doit donc s'accommoder aux distances variables des objets.

(*a'*) **Rôle de l'iris.** — Le faisceau lumineux qui pénètre dans l'œil traverse la cornée et l'humeur aqueuse; il rencontre l'*iris qui joue le rôle de diaphragme*, en supprimant les rayons marginaux du faisceau. Seuls pénètrent dans le cristallin, à travers la pupille, les rayons centraux qui forment sur la rétine une image nette.

L'iris règle aussi la quantité de lumière admise dans l'œil :

dans un *milieu vivement éclairé*, ses fibres annulaires se contractent et rétrécissent la pupille; dans un *milieu obscur*, la contraction des fibres radiées en accroît le diamètre.

(*b'*) **Rôle du cristallin** : *Accommodation de l'œil aux dis-*

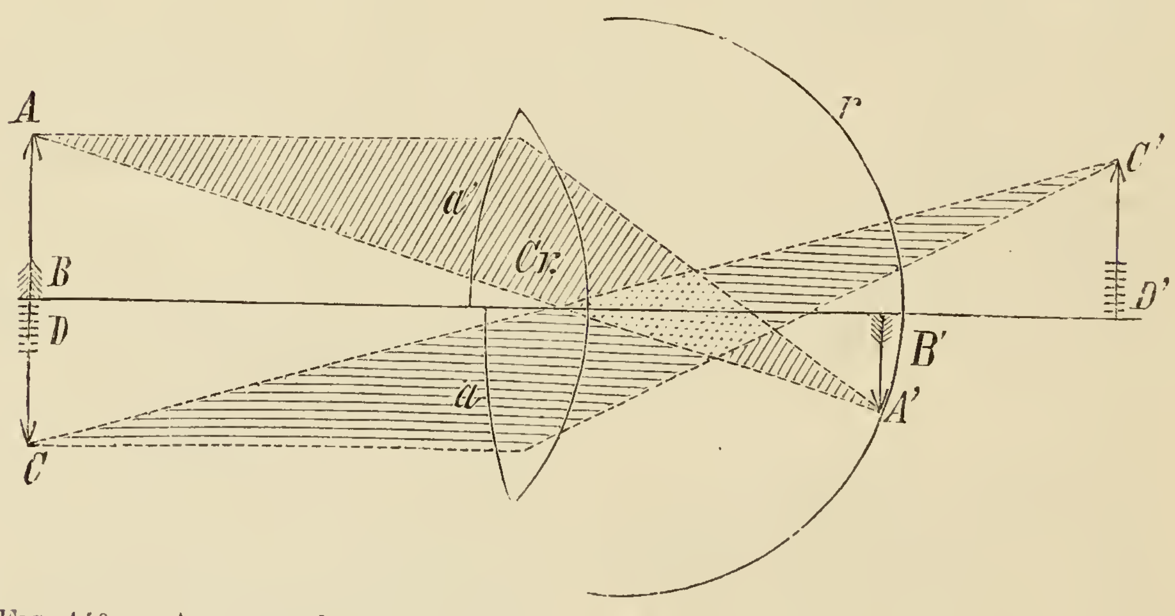


Fig. 140. — Accommodation du cristallin, *Cr*, aux distances des objets. — *a*, forme de sa face antérieure quand un objet est très éloigné de l'œil; *a'*, forme de cette même face quand l'objet est rapproché. — (Dans ce dernier cas, l'objet *AB* forme son image *A'B'* sur la rétine, *r*; si le cristallin présentait la courbure *a*, l'image d'un objet *CD*, placé dans le même plan que *AB*, se formerait en arrière de la rétine, en *C'D'*).

tances. — Supposons que les rayons lumineux émis par un objet *AB* (fig. 140), traversant le cristallin, forment en arrière

une image $A'B'$, *au niveau de la rétine*. Si l'objet se rapproche de l'œil, l'image se formera en arrière de la rétine et manquera de netteté. L'image ne se formera invariablement sur la rétine que par la *déformation* du cristallin.

Le cristallin est **accommodé** *pour la vision distincte des objets placés à l'infini.* — Un objet *CD* (fig. 140), partant de l'infini et se rapprochant progressivement de l'œil, donnerait une image $C'D'$, située en arrière de la rétine, et qui s'en éloignerait de plus en plus. — Pour éviter le déplacement de cette image, *le cristallin courbe sa face antérieure*, *a*, jusqu'à ce que la déformation ait atteint son maximum *a'*. A partir de ce moment, quand on continue à rapprocher l'objet de l'œil, son image se forme en arrière de la rétine; elle n'est plus nette.

La distance minimum de la vision distincte est de 15 centimètres environ, c'est-à-dire que l'œil perçoit nettement les images des objets contenus dans tous les plans, au delà d'une distance de 15 centimètres.

Les changements de courbure du cristallin sont réglés par la région ciliaire de la choroïde. — Quand l'objet *AB* est à l'infini, le cristallin a sa forme normale; sa face antérieure est tendue par le ligament suspenseur.

L'objet se rapproche-t-il? Les fibres longitudinales du *muscle ciliaire* se contractent, tirent la choroïde en avant et le ligament suspenseur est relâché; en même temps, les fibres annulaires du même muscle déterminent l'accumulation de sang dans les procès ciliaires; ceux-ci pressent sur le bord du cristallin dont ils accentuent la courbure.

Défauts de l'œil. — *L'œil est normal* quand il possède les caractères que nous venons de définir : il est accommodé pour la vision nette des objets situés à l'infini. La distance minimum de la vision distincte y est de 15 centimètres environ (fig. 141, *A*).

L'œil est *hypermétrope* [*B*] lorsque son axe antéro-postérieur est trop court : l'image, *a*, d'un objet situé à l'infini se forme en arrière de la rétine : la distance minimum de la vision distincte est supérieure à 15 centimètres dans ce cas. — On corrige l'hypermétropie par l'interposition de lentilles biconvexes, *l*, qui font converger les rayons, de *a* en *a'*, sur la rétine.

L'œil *myope* [*C*] a un axe antéro-postérieur trop long : l'image, *a*, d'un objet situé à l'infini se forme en avant de la rétine; la distance minimum de la vision distincte y peut être réduite à quelques millimètres. — Cette infirmité est corrigée par l'emploi de lentilles biconcaves, *l'*, qui font diverger les rayons de manière à reporter l'image *a*, par exemple, en *a''* sur la rétine.

La *presbytie* est une affection particulière aux vieillards : elle est due à l'affaiblissement du muscle ciliaire avec l'âge; l'accommodation du cristallin à la vision distincte pour les courtes distances devient alors impossible; aussi le vieillard éloigne-t-il à 50, 60, 90 centimètres..... de l'œil, les objets fins tels que les caractères d'imprimerie, pour les voir nettement.

2° L'œil est un appareil sensible. — ***Rôle de la choroïde.*** — Cette membrane, richement vascularisée, maintient constante la température de la rétine.

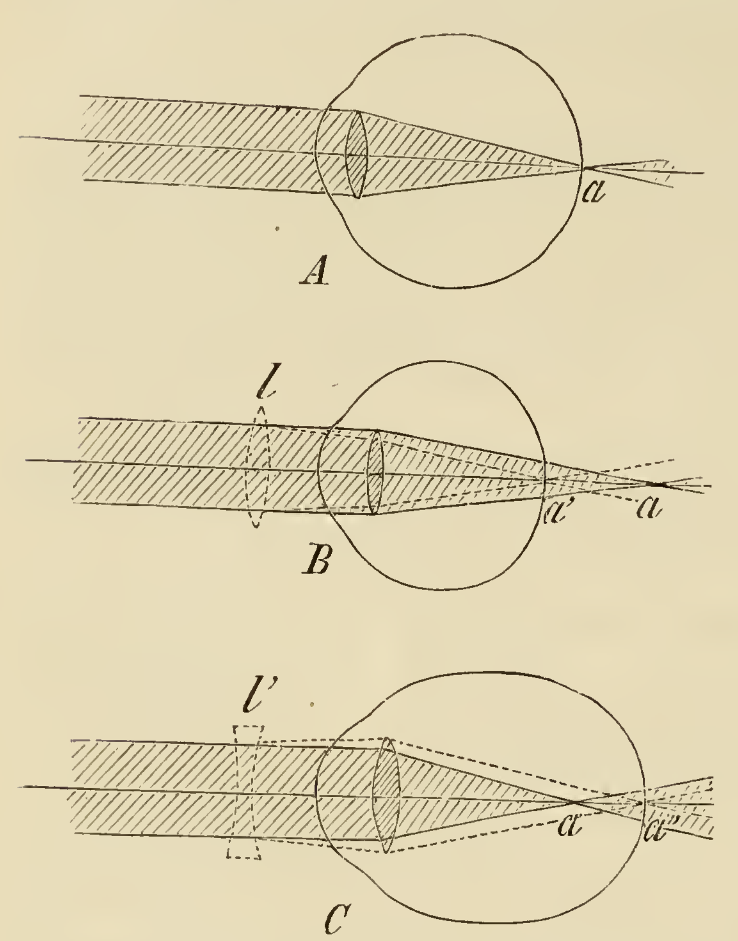


Fig. 141. — *A*, Œil *emmétrope*, accommodé pour la vision nette d'un objet placé à l'infini : l'image *a* se forme sur la rétine. — *B*, Œil *hypermétrope;* l'image *a* d'un objet situé à l'infini se forme en arrière de la rétine; cette image est ramenée en *a'* sur la rétine par la lentille convergente *l*. — *C*, Œil *myope;* l'image *a*, formée en avant de la rétine, y est reportée par la lentille divergente *l'*.

De plus, les cellules *chargées de pigment noir* qu'elle renferme absorbent les rayons lumineux qui, après avoir traversé le cristallin et le corps vitré, ont impressionné les cônes et bâtonnets rétiniens. Ces rayons ne peuvent donc subir des réflexions irrégulières dans l'œil.

Rôle de la rétine. — *La rétine est l'écran sur lequel se forment les images réelles et renversées des objets :* c'est en cela que consiste le phénomène *physique* de la vision.

On le vérifie ainsi : la sclérotique et la choroïde sont enlevées à la partie postérieure de l'œil d'un Bœuf récemment abattu; dans une chambre noire, on dispose la flamme d'une bougie devant cet œil; l'image en apparaît renversée sur la rétine.

La rétine reçoit, sur les cônes et les bâtonnets, une impression photographique qui donne origine à la perception lumineuse.

Point aveugle. — Si les fibres nerveuses de la rétine étaient les éléments impressionnables par la lumière, celle-ci serait perçue par toute la surface rétinienne. L'expérience montre que là où manquent les cônes et les bâtonnets, toute perception lumineuse est impossible : tel est le *point aveugle* où s'épanouissent les fibres du nerf optique dans la rétine.

Expérience de Mariotte. — Sur une feuille de papier noir, on trace deux cercles blancs, *A* et *B* (fig. 142); on fixe, avec l'œil gauche, le cercle droit *B*

de la bande amenée à quelques centimètres de l'œil ; la bande étant lentement éloignée, il arrive un moment où le cercle gauche *A*, vu d'abord indistinctement, disparaît tout à fait, pour reparaître ensuite par l'éloignement progressif de la feuille de papier. — Au moment où le cercle *A* a cessé d'être aperçu, son image se formait sur le point aveugle.



Fig. 142. — Expérience de Mariotte.

Durée des impressions lumineuses. — Lorsqu'on déplace rapidement un objet brillant dans l'espace (charbon incandescent), la trajectoire décrite par l'objet paraît lumineuse ; c'est que nous continuons à percevoir une impression lumineuse pendant $\frac{1}{10}$ de seconde, après la disparition du corps qui l'a produite.

Perception des couleurs. — *La lumière blanche est formée de la superposition d'une infinité de couleurs.* — En effet, un faisceau cylindrique de lumière solaire traversant un prisme de verre donne, après réfraction, un pinceau allongé qui, sur un écran, présente la succession des couleurs principales suivantes :

rouge, *orangé*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet :*

c'est le *spectre solaire.*

Comment l'œil perçoit-il ces diverses couleurs? *Les bâtonnets paraissent servir à la perception de l'intensité lumineuse ; les cônes semblent affectés à la perception des couleurs.*

Existe-t-il des cônes spécialement affectés à la perception du rouge, d'autres à celle de l'orangé, etc.? Peut-être en est-il ainsi, puisque certaines personnes sont inaptes à percevoir une couleur (ordinairement le rouge), tandis qu'elles sont sensibles à toutes les autres. — Le *daltonisme* est l'infirmité assez fréquente des personnes qui ne peuvent apprécier telle ou telle couleur.

Vision unioculaire et binoculaire. — Quand on ferme un œil, on ne peut apprécier avec l'autre que la forme des objets et non leur position relative dans l'espace.

Cette dernière appréciation est due :

1° à l'effort simultané des deux yeux qui convergent vers le même point de l'espace ;

2° à l'impression différente que retire chacun d'eux de son observation : chaque œil voit, en effet, des parties non complètement identiques d'un même objet.

La superposition de 2 images, résultant de l'éducation patiente et simultanée des deux yeux, donne la notion du **relief** des corps.

B. — Appareil protecteur de l'œil

Orbites. — Paupières. — Cils. — Sourcils. — L'œil est protégé par la *cavité orbitaire*, dans laquelle il repose sur un coussinet graisseux; ce coussinet est traversé par les nerfs, les vaisseaux et les muscles moteurs aboutissant à l'œil.

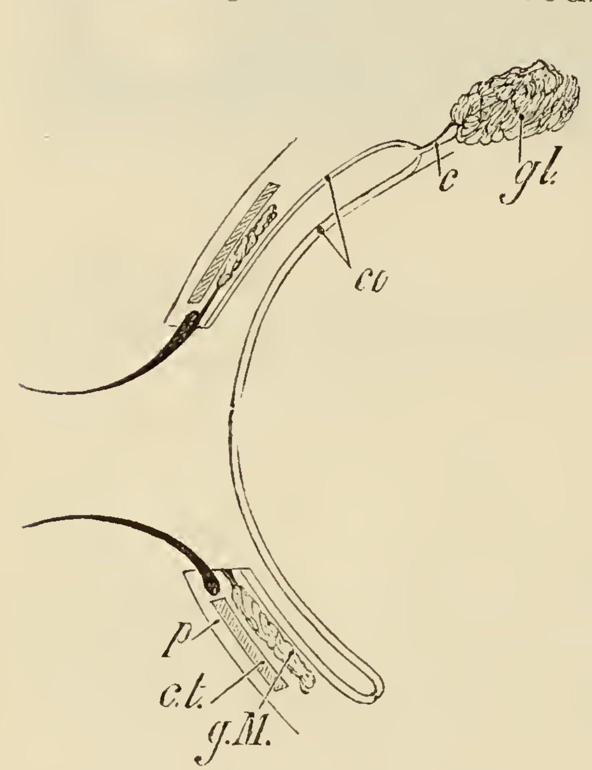


Fig. 143. — Paupières vues en coupe. — *p*, paupière inférieure; *c.t*, cartilage; *g.M*, glandes sébacées; *co*, membrane conjonctive; *gl*, glande lacrymale et l'un de ses canaux excréteurs, *c*.

En avant, cet organe est recouvert par les 2 *paupières*, *p* (fig. 143), mobiles de manière à protéger l'œil pendant le sommeil.

Les paupières sont tapissées, sur leur face postérieure, par une *membrane conjonctive* très délicate, *co*; cette membrane s'étend de l'une à l'autre, et passe devant la cornée où elle devient transparente.

Les bords des paupières portent de longs *cils*, humectés constamment par la sécrétion de glandes sébacées, *g.M.* Les cils arrêtent les poussières de l'air.

Au-dessus des yeux sont les *sourcils*, arcades de poils qui arrêtent la sueur du front et la font couler sur les tempes.

Appareil lacrymal. — Dans l'angle supérieur et externe de chaque cavité orbitaire se trouve une *glande lacrymale*, *g.l* (fig. 144), sécrétant les *larmes*. Les larmes consistent en un liquide clair, amené par des canaux excréteurs dans le repli supérieur formé par la conjonctive. Elles humectent toute la conjonctive; une partie s'en évapore; l'excès s'en écoule par 2 petits orifices, *o*, situés au bord interne des paupières, dans

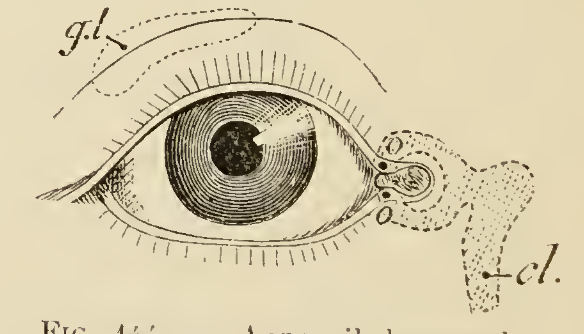


Fig. 144. — Appareil lacrymal. — *g.l*, glande lacrymale; *o.o*, points lacrymaux; *c.l*, canal lacrymal.

le *canal lacrymal*, *c.l*; celui-ci débouche dans la cavité nasale correspondante.

Les larmes sont retenues d'ordinaire par le rebord des paupières; lorsqu'elles sont produites en grande abondance, lors d'une vive émotion, elles débordent et coulent sur les joues.

Muscles de l'œil. — L'œil est capable de mouvements variés dans la cavité orbitaire. La tête demeurant immobile, l'axe de l'œil peut être orienté vers tous les points de l'espace où la face est tournée : cette orientation est obtenue par le jeu combiné de 6 *muscles moteurs*, insérés sur la sclérotique d'une part et sur la paroi orbitaire d'autre part.

Ces muscles sont :

le *muscle droit supérieur*, *d.s* (fig. 145), dont la contraction dirige l'axe de l'œil en haut (h);

le *muscle droit inférieur*, *d.in*, qui porte cet axe en bas (h');

le *muscle droit externe*, *d.e*, qui dirige l'axe de l'œil en dehors (h'');

le *muscle droit interne*, *d.i*, qui le fait converger vers le plan de symétrie de la face (h''');

le *muscle grand oblique*, *g.o*, dont les fibres s'engagent dans un anneau fibreux, *b*, situé en haut et en avant de l'orbite, pour aller se fixer au fond de cette cavité; sa contraction fait tourner l'œil gauche autour de son axe, en sens inverse des aiguilles d'une montre (f);

le *muscle petit oblique*, *p.o*, dont les fibres se fixent dans l'angle interne et inférieur de l'orbite; il fait tourner l'œil en sens inverse du grand oblique (f').

Des *nerfs* se rendent à ces muscles (p. 171).

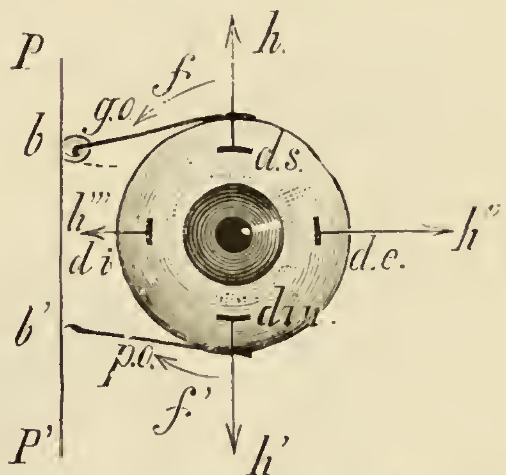


Fig. 145. — Schéma représentant l'action, sur le globe de l'œil, de chacun des six muscles qui le font mouvoir. — Les flèches indiquent le sens des déplacements de l'œil (les muscles droits *d.s*, *d.i*, *d.n*, *d.e*, ont été représentés seulement par leur insertion sur la sclérotique). *g.o*, grand oblique; *p.o*, petit oblique.

1. Conseils relatifs à l'entretien des organes des sens.

La peau. — *La propreté de la peau est une condition essentielle à notre bonne santé :* aussi devons-nous prendre souvent des *bains* (dans les pays chauds, on se baigne au moins une fois par jour). — Le visage, les mains et les pieds, plus exposés à se salir, réclament une attention particulière.

La tête exige des soins minutieux : les cheveux sont en effet des magasins à poussière; couverts d'une coiffure malpropre, ils risquent d'être envahis par la *pelade*, maladie contagieuse qui les fait tomber.

La bouche. — *Le tabac*, les fortes épices dans les aliments, *sont mauvais* et falsifient le goût.

Le nez. — La membrane pituitaire est délicate et renferme beaucoup de vaisseaux sanguins; l'introduction d'un corps étranger dans le nez peut suffire à déchirer la muqueuse, à provoquer des *saignements de nez*.

Dans ce cas, le sang se coagule généralement à la sortie et arrête l'*hémorragie* ; mais si l'écoulement se prolonge, on l'arrête en aspirant de l'eau froide par les narines et en mettant une compresse d'eau froide sur le front.

L'oreille. — Les oreilles doivent être entretenues avec le plus grand soin, sinon la matière jaune (*cérumen*), rejetée par le conduit de l'oreille, y durcit en s'accumulant sur la membrane du tympan, l'empêche de vibrer et détermine une demi-surdité.

L'œil. — Le bord des paupières est toujours imprégné d'une matière grasse qui forme *la chassie* en s'y accumulant (surtout quand la membrane conjonctive est enflammée) ; pour cette raison, les yeux doivent être lavés souvent et avec de l'eau bien propre.

Les personnes qui n'ont pas de bons yeux sont :
myopes, quand elles ne voient nettement qu'à faible distance ;
hypermétropes, quand elles ne voient distinctement qu'à grande distance.
Ces défauts de la vue se corrigent par l'emploi de lunettes convenables.

DE LA PHONATION

La **phonation** est une fonction qui facilite les relations des

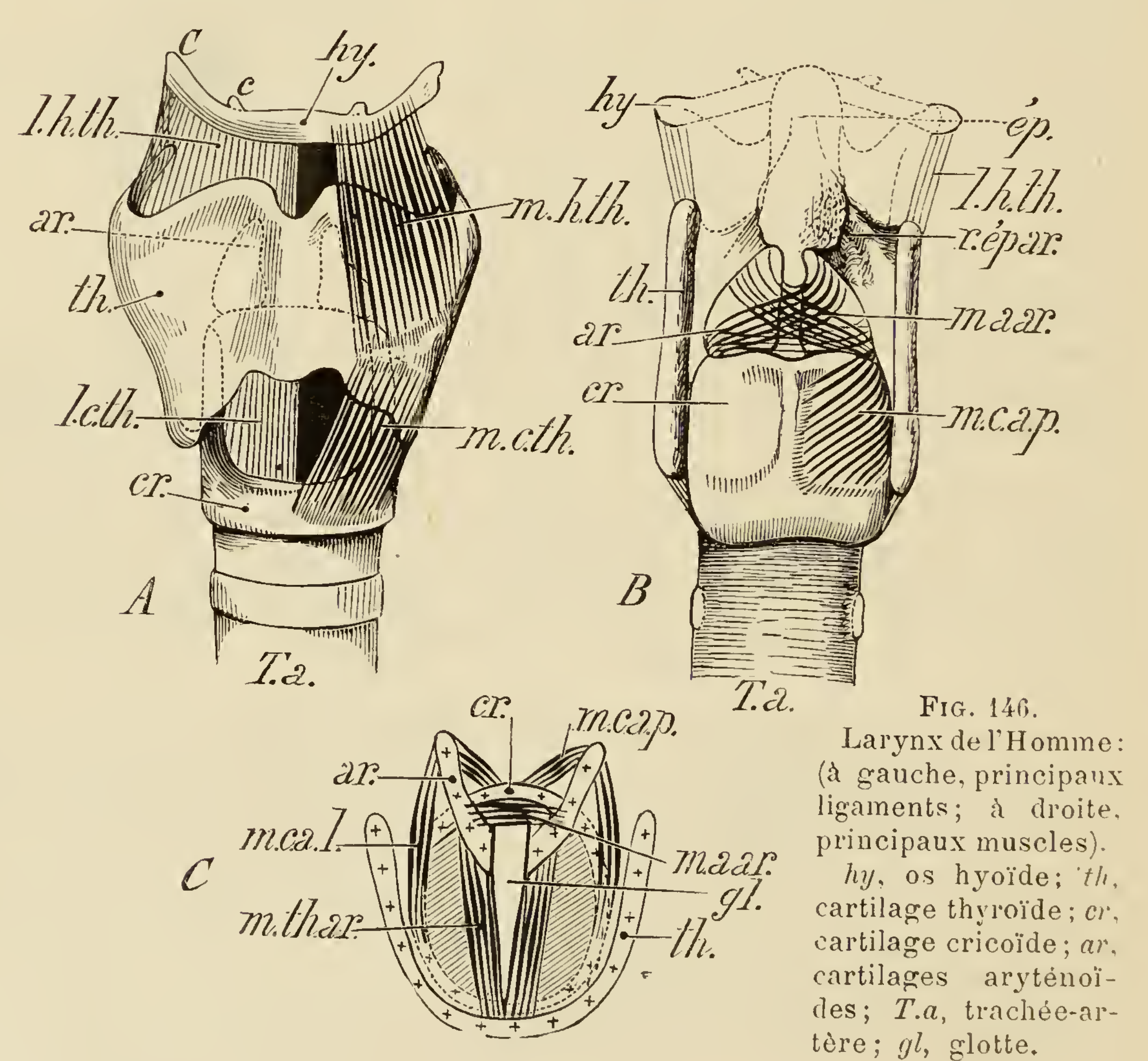


FIG. 146. Larynx de l'Homme : (à gauche, principaux ligaments ; à droite, principaux muscles).
hy, os hyoïde ; *th*, cartilage thyroïde ; *cr*, cartilage cricoïde ; *ar*, cartilages aryténoïdes ; *T.a*, trachée-artère ; *gl*, glotte.

animaux vivant dans l'air : elle est accomplie par l'**appareil vocal**.

L'Homme est capable d'émettre des *sons simples* (voix), comme un certain nombre de Vertébrés aériens ; il a, en outre, l'avantage de pouvoir *articuler des sons* (parole).

Son appareil vocal comprend :

1° le *larynx* ou appareil d'émission de la voix ;

2° des *cavités accessoires* (pharynx, bouche, nez) destinées à l'articulation des sons.

Larynx. — Cet appareil occupe la partie supérieure de la trachée-artère ; il résulte d'une modification des anneaux devenus les cartilages du larynx, à savoir : le *cartilage thyroïde*, *th* ; le *cartilage cricoïde*, *cr* ; les 2 *cartilages aryténoïdes*, *ar* (fig. 146).

La cavité de ce tube s'ouvre dans le pharynx en haut, par un orifice triangulaire situé à la base de la langue ; à ce niveau et en avant se trouve l'*épiglotte*, *ép* (fig. 147).

L'air accède du pharynx dans le vestibule, *v'*, puis dans le ventricule, *v*, et dans la trachée-artère, *T.a.* — Le ventricule est limité : en haut, par les *cordes vocales supérieures*, *cs* ; en bas, par les *cordes vocales inférieures*, *ci*.

Les cordes vocales inférieures limitent une ouverture triangulaire appelée *glotte*, *gl* (fig. 146, *C*).

Fig. 147. — Coupe longitudinale du larynx. — *hy*, *th*. *cr*. coupes de l'os hyoïde et des cartilages thyroïde et cricoïde ; *ép*, épiglotte ; *T.a*, trachée-artère ; *cs*, cordes vocales supérieures ; *v'*, vestibule ; *ci*, cordes vocales inférieures (formant la *glotte*) ; *v*, ventricule du larynx.

La *voix est due aux vibrations des cordes vocales inférieures*, ébranlées par l'air expulsé des poumons.

Cartilages. — Le *cartilage thyroïde*, *th* (*A*), ouvert en arrière, forme une saillie antérieure appelée *pomme d'Adam*. — Il est relié par des muscles et des ligaments : à l'os hyoïde, *hy*, en haut ; au cartilage cricoïde, *cr*, en bas.

Le *cartilage cricoïde*, *cr* (*A*), est un anneau comparable à une bague dont le chaton situé en arrière, *cr* (*B*), supporte les 2 cartilages aryténoïdes, *ar*.

Les *cartilages aryténoïdes* sont 2 pièces triangulaires faisant face au thyroïde ; mobiles autour de leur base sous l'influence de muscles variés, *ils modifient la forme de la glotte* et, par suite, la nature des sons dont l'ensemble forme la voix.

Muscles moteurs; leur effet sur la forme de la fente glottique.

Le tableau suivant suffit à faire connaître la nature et la fonction de ces muscles.

MUSCLES	*tenseur* des cordes vocales......	m. *crico-thyroïdien, m. c. th.*
	constricteurs de la glotte........	m. *crico-aryténoïdien latéral, m. c. a. l.*
		m. *thyro-aryténoïdien, m. th. ar.*
		m. *ary-aryténoïdien, m. a. ar.*
	dilatateur de la glotte............	m. *crico-aryténoïdien postérieur, m. c. a. p.*

Physiologie du larynx. — Les *qualités des sons* qu'émet le larynx [*hauteur, intensité* et *timbre*] sont déterminées : par l'état des cordes vocales, par la forme du larynx et des cavités accessoires.

En effet, les cordes vocales inférieures ont une *tension propre*, modifiée par le jeu des muscles signalés plus haut : leurs vibrations sont provoquées par l'air expulsé des poumons.

La **hauteur** du son est d'autant plus élevée que les *cordes vocales* sont *mieux tendues*, *plus fines* et *plus délicates* : c'est pourquoi la voix de l'homme adulte est plus *grave* que celle de la femme et de l'enfant.

L'**intensité** dépend de l'amplitude des vibrations des cordes vocales : plus la force du courant d'air expiré sera grande, plus le son émis sera intense.

Le **timbre** dépend de la forme du larynx et des cavités voisines.

Langage articulé. — L'Homme seul exprime sa pensée à l'aide de *mots*, réunions de syllabes qui comprennent des *voyelles* et des *consonnes*.

L'émission des *voyelles a, e, i, o, u, ou*, est due à un son simple auquel correspond une forme déterminée de la cavité buccale.

Les *consonnes* sont des bruits qui accompagnent l'émission des voyelles : ces bruits résultent des mouvements ou des positions particulières des lèvres, de la langue et du gosier.

RÉSUMÉ

DES SENSATIONS. — *Tout animal éprouve des* **sensations** : les unes vagues et *générales*, les autres *spéciales*.

Ces dernières sont le fait d'*impressions* perçues, à la surface du corps, par des organes particuliers dits **organes des sens**.

Nous éprouvons 5 sortes d'impressions spéciales :

le *toucher*, le *goût*, l'*odorat*, l'*ouïe*, la *vue* ;

les organes correspondants sont :

la *peau*, la *langue*, le *nez*, l'*oreille*, l'*œil*.

Un **appareil sensoriel** comprend :

1° une *partie fondamentale* [cellules réceptrices de l'excitation, nerf conducteur de l'impression à un centre nerveux] ;

2° des *organes accessoires*.

I. **Toucher.** — La *peau* est l'organe du *toucher*.

Elle comprend :

1° *l'épiderme*..... { Couche cornée morte (superficielle). Couche de Malpighi vivante (profonde) avec *terminaisons nerveuses intra-épidermiques*.

2° *le derme*...... { *Papilles dermiques* { *nerveuses*. { *Corpuscules tactiles*. *Corpuscules de Pacini*. } *sanguines*. } Tissu conjonctif et tissu adipeux sous-cutané.

Les impressions reçues par la peau sont de trois sortes :

1° la *température*, appréciée par les terminaisons intra-épidermiques :

2° le *contact*, perçu par les corpuscules *tactiles ;*

3° la *pression* perçue par les corpuscules de Pacini.

Les *nerfs* conducteurs de ces impressions sont ceux qui aboutissent aux surfaces sensibles.

II. **Goût.** — La *langue* est l'organe du *goût*.

Elle est tapissée d'une *muqueuse* portant des *papilles*.

Les principales papilles gustatives sont les *papilles caliciformes*, pourvues de *bourgeons gustatifs* auxquels aboutissent les terminaisons du *nerf glosso-pharyngien*.

La muqueuse linguale reçoit des impressions *gustatives* et des impressions *tactiles*.

1° *Goût*. — Un objet donne une impression gustative [saveur], s'il est *soluble dans la salive*.

Le nerf gustatif principal est le *nerf glosso-pharyngien*.

2° *Contact*. — Ces impressions sont perçues par les papilles linguales du bout et des bords de la langue.

Le nerf tactile est le *nerf lingual*.

III. **Odorat.** — Le *nez* est l'organe de l'*odorat*.

Il comprend 2 cavités nasales avec *cornets* et *méats*, tapissées par la muqueuse pituitaire.

Muqueuse pituitaire. { *Région jaune* supérieure, avec *cellules olfactives*. *Région rouge* inférieure, avec glandes, vaisseaux et corpuscules tactiles.

La muqueuse pituitaire reçoit des impressions *olfactives* et des impressions *tactiles*.

1° *Olfaction.* — Un objet donne une impression olfactive [odeur], s'il est *soluble dans le liquide pituitaire.*

Les odeurs sont perçues dans la région jaune par le *nerf olfactif.*

2° *Contact.* — Ces impressions sont perçues par les corpuscules tactiles de la région rouge où aboutit le *nerf lingual*, branche du *nerf trijumeau.*

IV. **Ouïe.** — L'*oreille* est l'organe de l'*ouïe.*

Sa description chez l'Homme et ses fonctions :

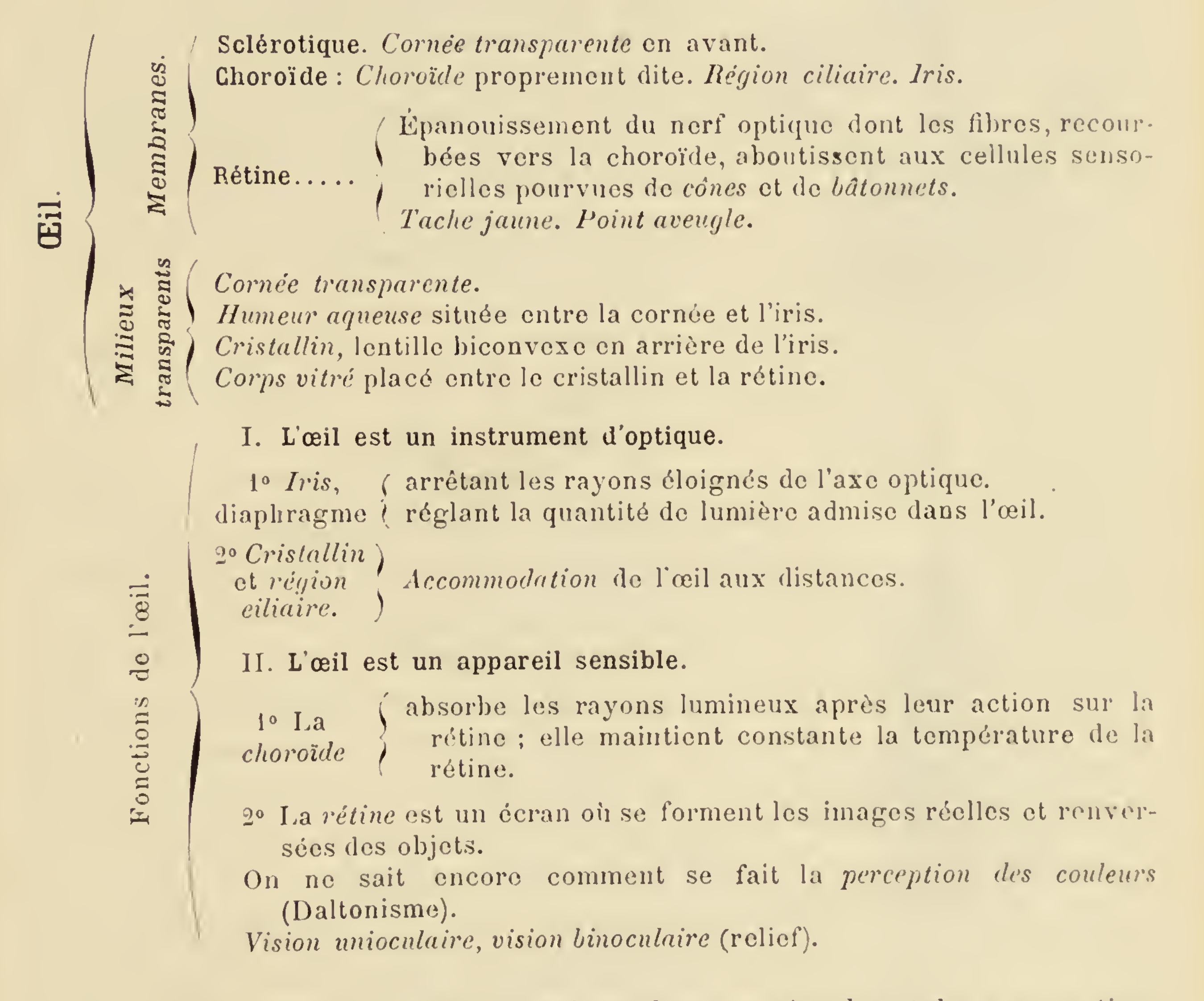
Oreille logée dans le *rocher* (os temporal).

- **O. externe**
  - Description.
    - *Pavillon.*
    - *Conduit auditif externe*, limité par la membrane du tympan.
  - Fonctions.
    - Elle collectionne les vibrations, conduites à la membrane du tympan.
- **O. moyenne.**
  - *Caisse du tympan.*
    - *Trompe d'Eustache.*
    - *Membranes*
      - du *tympan*.........
      - de la *fenêtre ovale.*
      - de la *fenêtre ronde.*
      - → Chaîne des osselets.
    - *Chaîne des osselets* (marteau, enclume, étrier)............. — Muscles du marteau et de l'étrier.
  - Fonctions.
    - Vibrations transmises, de la membrane du tympan à celle de la fenêtre ovale, par la chaîne des osselets.
    - La trompe d'Eustache assure la pression atmosphérique dans l'oreille moyenne.
    - Le muscle du marteau a un *rôle accommodateur.*
- **O. interne.**
  - *Labyrinthe osseux.*
    - *Vestibule.* 3 *canaux semi-circulaires.*
    - *Limaçon* comprenant
      - 1 rampe vestibulaire.
      - 1 — tympanique.
    - La *périlymphe* entoure le *labyrinthe membraneux.*
  - *Labyrinthe membraneux.*
    - *Utricule*... → *Canaux semi-circulaires.*
    - *Utricule*... ↓ *Saccule*....
      - Crêtes acoustiques....
      - Taches acoustiques....
      - *Canal cochléaire.* Cellules
    - → ciliées sensorielles....
    - (Crêtes, taches, cellules) → Nerf auditif.
    - Le canal cochléaire est contenu dans le limaçon.
    - *Le labyrinthe membraneux est rempli d'endolymphe.*
  - Fonctions.
    - Transmission des vibrations de la membrane de la fenêtre ovale, par la pérylimphe, à l'endolymphe. *Excitation des crêtes, taches et cellules acoustiques ;* les terminaisons nerveuses conduisent les impressions au nerf auditif.
    - *Les taches acoustiques* (saccule-utricule) perçoivent les *bruits* et leur intensité.
    - *Les crêtes acoustiques* (ampoules) perçoivent la *direction* des sons.
    - *Les cellules acoustiques* (canal cochléaire) perçoivent les *sons musicaux.*

V. **Vue**. — L'*œil* est l'organe de la *vue*.

L'*appareil de la vision* comprend : une *partie fondamentale* (œil); des *organes accessoires* (paupières, appareil lacrymal, cils, sourcils, muscles moteurs).

L'œil est composé de **membranes** et de **milieux transparents** :



Œil.

Membranes.
- Sclérotique. *Cornée transparente* en avant.
- Choroïde : *Choroïde* proprement dite. *Région ciliaire. Iris.*
- Rétine..... Épanouissement du nerf optique dont les fibres, recourbées vers la choroïde, aboutissent aux cellules sensorielles pourvues de *cônes* et de *bâtonnets*. *Tache jaune. Point aveugle.*

Milieux transparents.
- *Cornée transparente.*
- *Humeur aqueuse* située entre la cornée et l'iris.
- *Cristallin*, lentille biconvexe en arrière de l'iris.
- *Corps vitré* placé entre le cristallin et la rétine.

Fonctions de l'œil.

I. L'œil est un instrument d'optique.

- 1° *Iris*, diaphragme : arrêtant les rayons éloignés de l'axe optique. réglant la quantité de lumière admise dans l'œil.
- 2° *Cristallin* et *région ciliaire*. *Accommodation* de l'œil aux distances.

II. L'œil est un appareil sensible.

- 1° La *choroïde* absorbe les rayons lumineux après leur action sur la rétine ; elle maintient constante la température de la rétine.
- 2° La *rétine* est un écran où se forment les images réelles et renversées des objets.
- On ne sait encore comment se fait la *perception des couleurs* (Daltonisme).
- *Vision unioculaire, vision binoculaire* (relief).

De la phonation. — L'Homme émet des *sons simples* et des *sons articulés*, à l'aide d'un appareil appelé *larynx*.

Le **larynx** résulte d'une modification de la trachée-artère à son sommet. Dans sa paroi sont situés les *cartilages thyroïde*, *cricoïde* et *aryténoïdes*, reliés par des ligaments et actionnés par des muscles.

On y trouve, de haut en bas : un vestibule, puis un ventricule limité par 2 *cordes vocales inférieures*.

Le *son glottique* est dû aux vibrations des cordes inférieures.

L'émission des sons simples, *inarticulés*, forme la **voix**.

La **parole** résulte de l'émission de sons *articulés*, association de voyelles et de consonnes.

IV. — SYSTÈME NERVEUX

Le système nerveux *est l'ensemble des organes qui assurent l'harmonie des fonctions accomplies par toutes les parties du corps.*

De cette harmonie dépend l'exécution normale de tous les actes analysés précédemment. Le système nerveux a donc une importance capitale dans l'organisme; l'étude de son rôle physiologique embrassera tous les phénomènes de nutrition et de relation que nous n'avons pu lier jusqu'ici qu'imparfaitement.

Neurone. — L'élément fondamental du système nerveux est le **neurone** (fig. 148).

Un neurone comprend un *corps cellulaire* avec un noyau, *n*, et deux sortes de ramifications : des *prolongements protoplasmatiques*, *p.pr*, formant panache ; un *cylindre-axe*, *cy*, terminé par une arborisation, *ar*.

Les ramifications du neurone sont le plus souvent entourées d'une gaine protectrice de cellules conjonctives, adipeuses ou non ; ces cellules, $c.a_1$, $c.a_2$, disposées bout à bout comme les perles d'un collier, autour du cylindre-axe par exemple, forment avec lui une **fibre nerveuse**.

Des cellules nerveuses associées constituent un **centre nerveux**.

Le tissu nerveux présente 2 sortes de substances :

La *substance grise*, due au groupement des cellules nerveuses [dans les centres nerveux] ;

La *substance blanche*, composée de fibres nerveuses qui relient ces cellules entre elles [dans les centres et les conducteurs nerveux].

Fig. 148. — Un neurone. — Son corps cellulaire émet : 1° des prolongements protoplasmatiques. *p.pr*; 2° un cylindre-axe, *cy*, terminé par l'arborisation, *ar*; de chaque côté, le cylindre-axe émet des ramilles collatérales $c.a_1$, $c.a_2$, cellules adipeuses de la gaine protectrice de la fibre.

Propriétés, association et rôle des neurones. — *Un neurone est une cellule irritable, sensible, et une voie conductrice de l'influx nerveux.* [On appelle *influx* l'excitation qui traverse le neurone, *toujours* dans le sens des prolongements protoplasmatiques à l'arborisation terminale du cylindre-axe.]

Les neurones sont en rapport mutuel *par contiguïté*, c'est-à-dire que l'arborisation terminale d'un

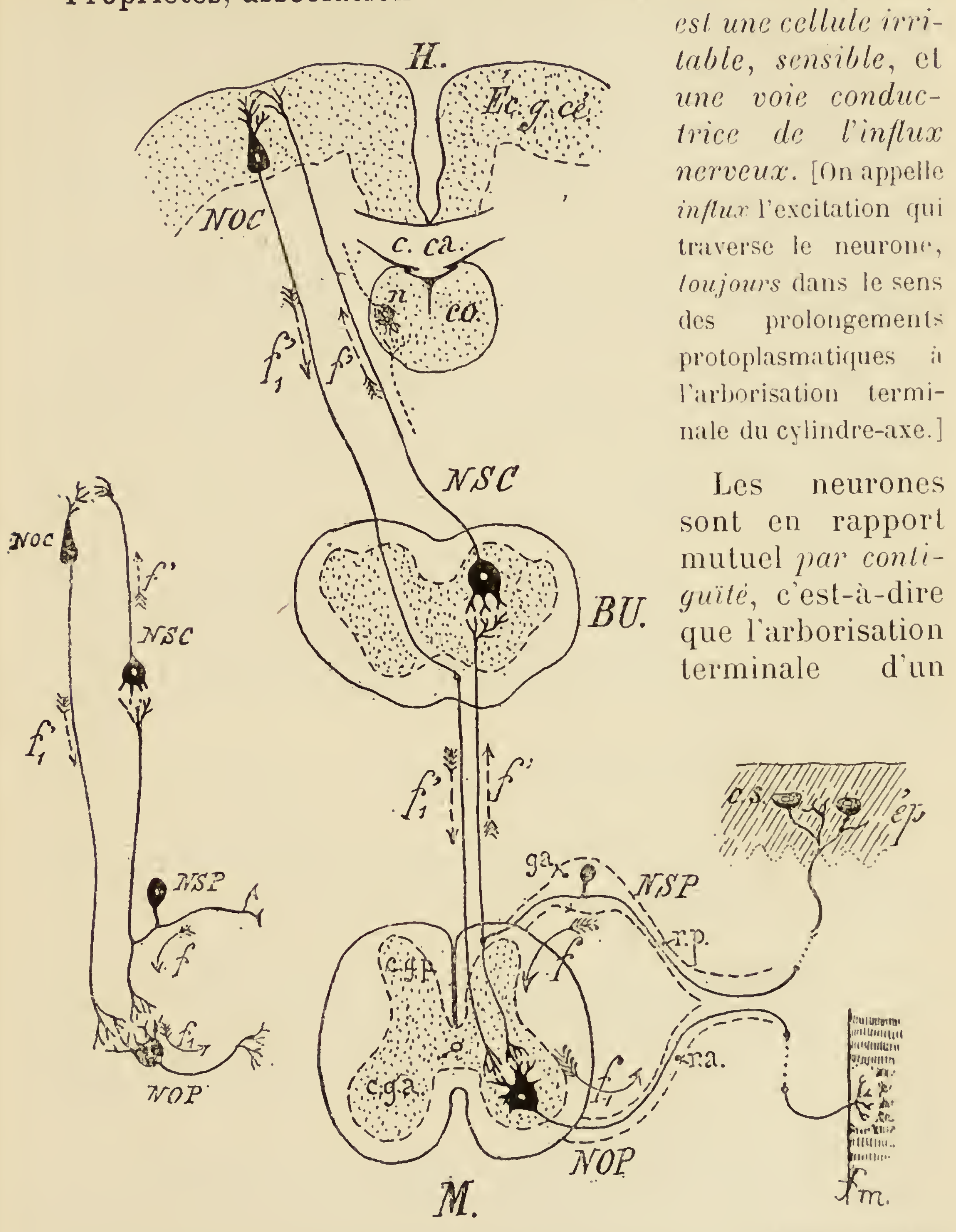


Fig. 149. — **Rapports des centres nerveux avec les organes.** — H, hémisphères cérébraux ; BU, bulbe rachidien ; M, moelle épinière ; *ép*, épiderme ; *f.m*, fibre musculaire. — **1° Acte réflexe médullaire** : l'influx nerveux dû à l'excitation de la cellule sensorielle tactile, *c.s*, parvient au neurone sensitif périphérique NSP, puis au neurone ordonnateur périphérique NOP, suivant les flèches f, f_1. — **Acte réflexe cérébral** : l'influx nerveux peut parcourir l'arc constitué par le neurone sensitif central NSC (en connexion avec NSP) et par le neurone ordonnateur central NOC (en connexion avec NOP) suivant les flèches f', f'_1.

neurone *NSC*, par exemple (fig. 149), s'allongeant quelque peu, entre en contact avec les prolongements protoplasmatiques d'un autre neurone *NOC*, et permet le passage de l'influx nerveux suivant les flèches, $f''f''_1$, comme le ferait un courant électrique dans un circuit fermé.

Le système nerveux comprend des **chaînes de neurones** *pareillement associés.*

Les neurones sont dits *neurones sensitifs* ou *neurones ordonnateurs*, suivant leurs rapports avec les organes.

Un *neurone sensitif*, *NSP* (fig. 149), est en connexion, par son panache, avec un organe sensoriel [peau, langue, oreille, etc.] : son cylindre-axe est contigu au panache d'un neurone sensitif central, *NSC*, ou d'un neurone ordonnateur, *NOP*.

Le **neurone sensitif** *est intercalé entre un organe sensoriel périphérique et un centre nerveux.*

Un *neurone ordonnateur*, *NOP*, est en rapport, par son panache, avec l'arborisation du cylindre-axe d'un neurone ordonnateur central, *NOC*, ou d'un neurone sensitif, *NSP*; son cylindre-axe se termine dans une fibre musculaire, *f.m*, ou dans une glande.

Le **neurone ordonnateur** *est intercalé entre un centre nerveux et un organe moteur* [muscle] *ou glandulaire* [glande].

Rapports des centres nerveux avec les organes : Actes réflexes. — *Tout centre nerveux communique avec les organes par 2 séries de neurones:*

l'une (NSP, NSC) lui fait parvenir *dans le sens centripète*, f, f', les excitations reçues du milieu extérieur ;

l'autre série (NOC, NOP) en emporte *dans le sens centrifuge*, f_1', f_1, les ordres qui résultent de l'élaboration des excitations par le centre nerveux.

Ces phénomènes de transmission de mouvement, d'un organe sensoriel à un organe terminal réactionnel [muscle ou glande], sont appelés **actes réflexes**. — On les traduit, dans le langage ordinaire, de la manière suivante :

L'organe sensoriel éprouve des *impressions* du milieu extérieur; ces impressions sont *transformées en sensations* par le centre nerveux auquel elles parviennent, puis *en ordres* transmis à l'organe réactionnel.

Prenons comme exemples deux types d'actes réflexes :

1° **Acte réflexe médullaire.** — On pique légèrement le doigt d'une personne qui dort d'un profond sommeil ; l'excitation reçue par la cellule sensorielle tactile, *c.s* (fig. 149), est transmise par le neurone sensitif périphérique, NSP, à la moelle épinière, M ; ce centre nerveux modifie l'excitation qui lui parvient ; il la transmet par le neurone ordonnateur périphérique, NOP, aux fibres musculaires, *f.m*, qui se contractent pour faire retirer le doigt.

Cet acte réflexe simple, auquel a participé seule la moelle épinière, est dit **acte inconscient.**

2° **Acte réflexe cérébral.** — Si la piqûre du doigt est violente [ou faible chez une personne éveillée], l'excitation reçue par la cellule, *c.s*, sera transmise par le neurone sensitif périphérique, NSP, à un neurone sensitif central, NSC, qui la conduira jusqu'à l'encéphale suivant $f'f'$. L'écorce grise cérébrale, H, élaborera l'excitation, puis transmettra le mouvement suivant f'_1f_1, aux fibres musculaires agissantes par les neurones ordonnateurs central et périphérique, NOC, NOP.

Cet axe réflexe, auquel a pris part l'encéphale, est dit **acte conscient.**

Tous les phénomènes auxquels participe le système nerveux sont des actes réflexes.

L'étude du système nerveux comprend :

1° l'étude du **système céphalo-rachidien** ;

2° l'examen du **grand sympathique.**

Dans l'un et l'autre cas, nous aurons à considérer : des *centres nerveux* (moelle épinière, encéphale, ganglions) ; des *nerfs* ou conducteurs nerveux.

§ 1. — SYSTÈME CÉPHALO-RACHIDIEN

L'axe de ce système est formé des centres nerveux appelés la **moelle épinière** *et l'***encéphale** (fig. 150 et 150 *bis*).

Des *nerfs rachidiens* naissent de chaque côté de la moelle épinière ; des *nerfs craniens* partent de la face inférieure de l'encéphale.

Organes protecteurs des centres nerveux. — La moelle épinière et l'encéphale sont protégés par une enveloppe osseuse et par des membranes appelées *méninges*.

Enveloppes osseuses. — La moelle épinière est abritée dans le *canal rachidien*, formé par l'ensemble des trous des vertèbres.

L'encéphale est contenu dans la *boîte cranienne*, qui communique avec le canal rachidien par le trou de l'occipital.

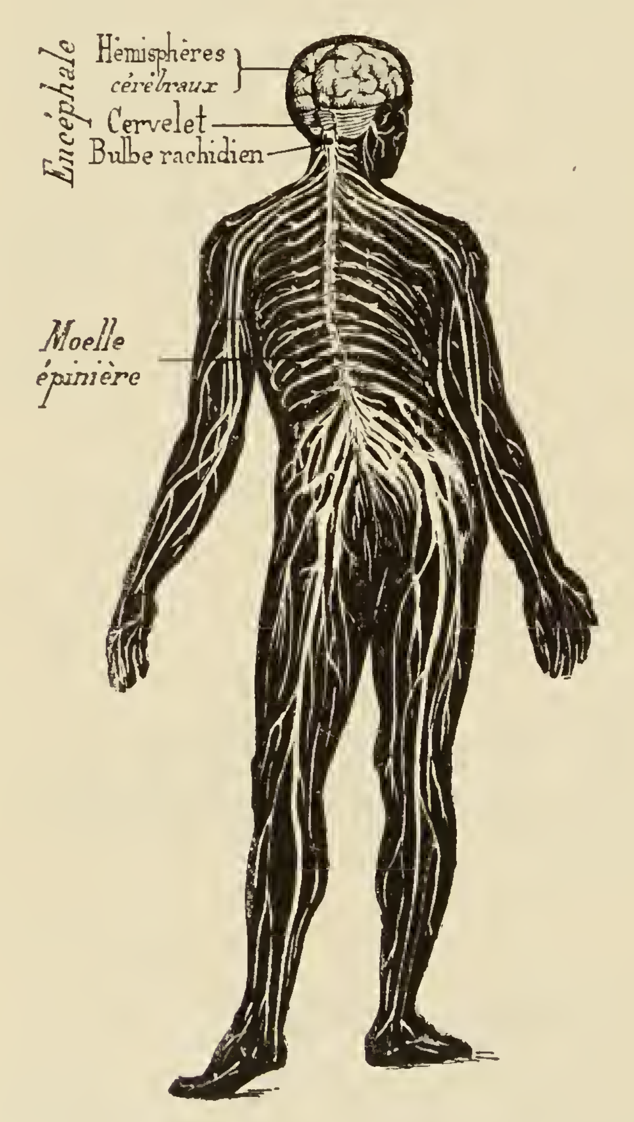


Fig. 150. — Le système nerveux de l'Homme.

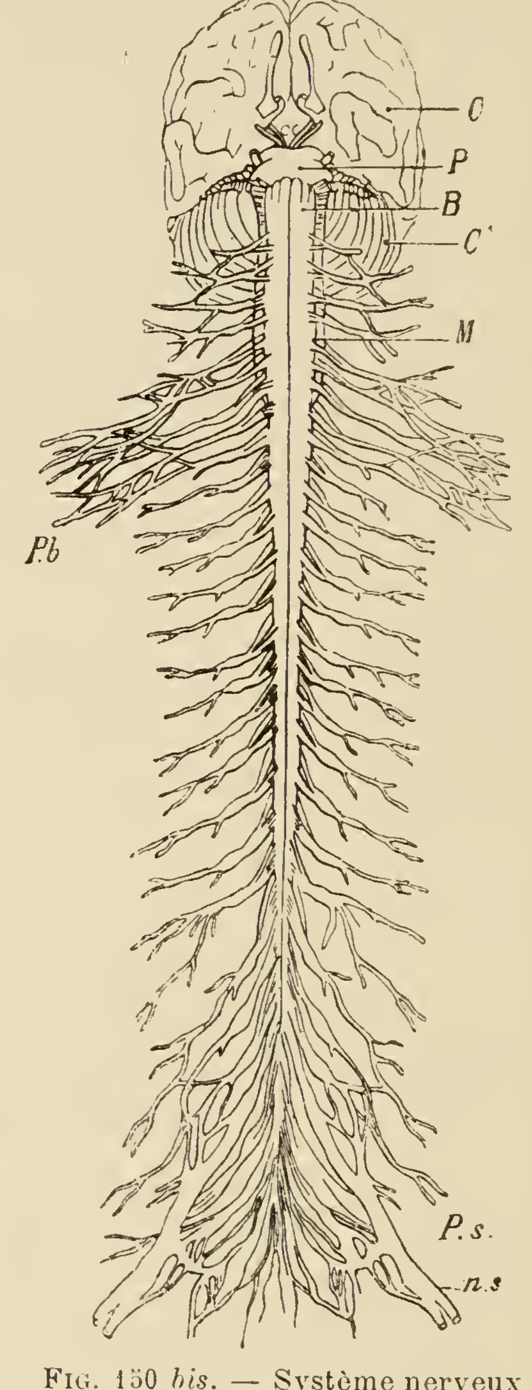


Fig. 150 *bis*. — Système nerveux céphalo-rachidien. — *Encéphale :* *C*, cerveau ; *C'* cervelet ; *P*, protubérance annulaire ; *B*, bulbe rachidien. — *M*, *moelle épinière* et les 31 paires de nerfs rachidiens qui s'en détachent ; *P.b*, plexus brachial ; *P.s*, plexus sacré ; *n.s*, nerf sciatique.

Méninges. — Les *méninges*, au nombre de 3, sont de dehors en dedans :

1° La *dure-mère*, membrane fibreuse qui forme dans la boîte

cranienne deux sillons importants : la *faux du cerveau*, *f*, et la *tente du cervelet*, *t* (fig. 151).

[La faux du cerveau s'étend d'avant en arrière; elle partage le cerveau en deux *hémisphères cérébraux* symétriques, *H*. — La tente du cervelet, perpendiculaire à la faux, sépare le cerveau de la face supérieure du cervelet.]

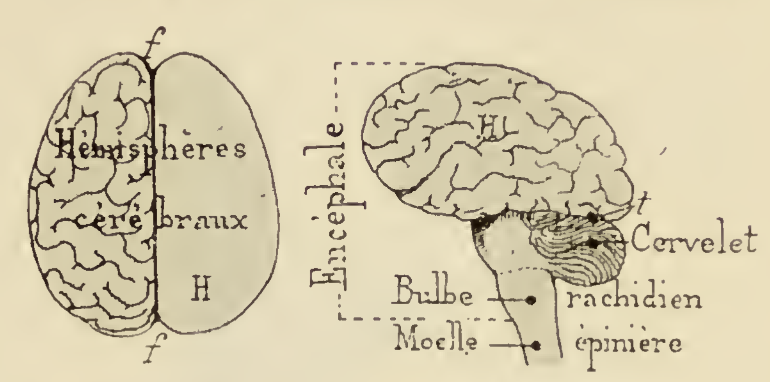


Fig. 151. — L'encéphale de l'Homme.

2° L'*arachnoïde*, membrane séreuse avec 2 feuillets très fins séparés par un peu de sérosité (*liquide arachnoïdien*).

3° La *pie-mère*, membrane riche en vaisseaux sanguins qui portent aux centres nerveux la matière nutritive.

La pie-mère est séparée de l'arachnoïde par un liquide assez abondant (*liquide sous-arachnoïdien*) ; ce liquide préserve les centres nerveux des variations de pression inhérentes à la circulation du sang dans la boîte cranienne.

DESCRIPTION DU SYSTÈME CÉPHALO-RACHIDIEN

L'axe de ce système est, en réalité, un **tube nerveux** continu, formé : de la **moelle épinière**, en arrière ; de l'**encéphale**, en avant.

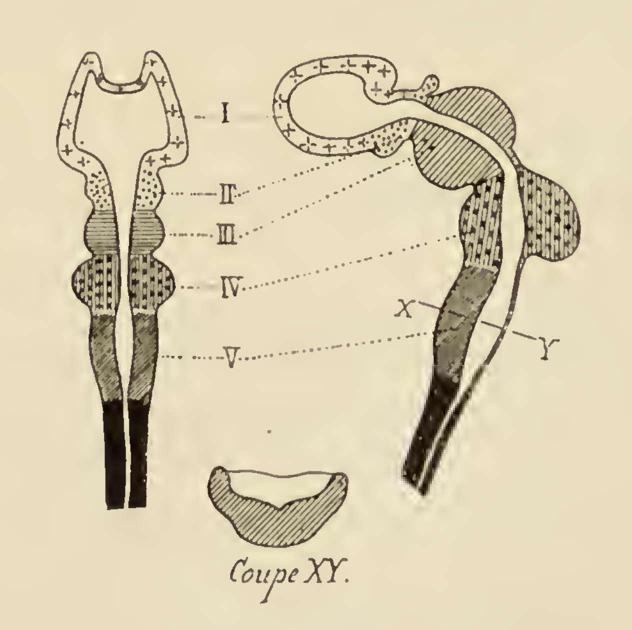


Fig. 152.

L'axe cérébro-spinal vu en coupe longitudinale : de face, à gauche ; de profil, à droite.

I, II, III, IV, V, les cinq cerveaux successifs, prolongés en arrière par la moelle épinière.

XY, Coupe transversale du bulbe rachidien.

Ce dernier comprend 5 régions, appelées *cerveaux* (fig. 152), étroitement en rapport entre elles et avec la moelle épinière.

Un *canal* également continu, très étroit dans la moelle, s'élargit en divers points de l'encéphale; il y forme des *ventri-*

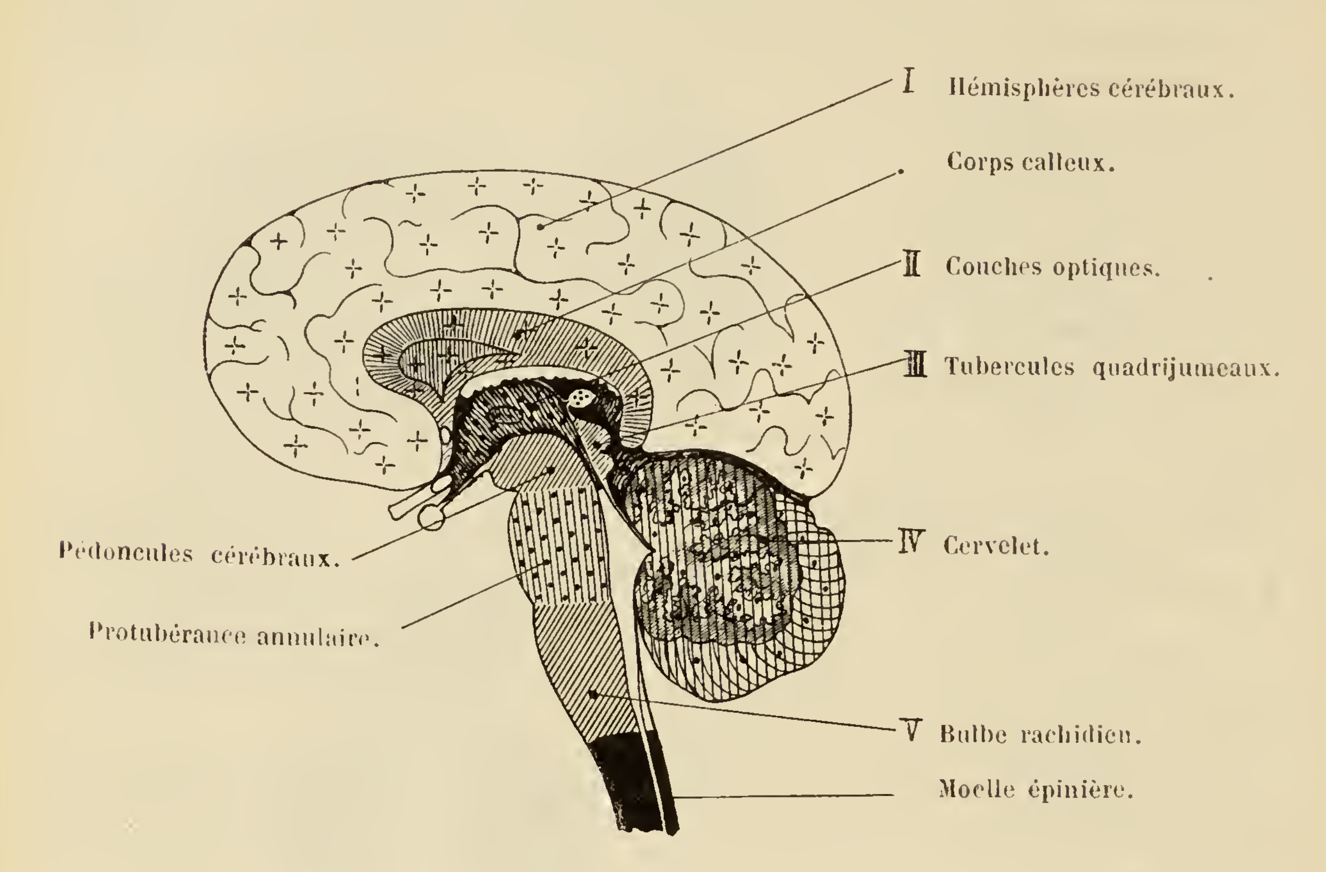


Fig. 153. — L'encéphale vu en coupe.

cules pourvus d'un plafond, d'un plancher et de parois latérales qui constituent l'encéphale même.

Cerveaux et ventricules sont ainsi répartis, d'arrière en avant, dans cet axe nerveux (fig. 153) :

Axe nerveux.				**Ventricules**
I. Moelle épinière				Canal de l'épendyme.
II. Encéphale.	Arrière-cerveau		*Bulbe rachidien*	4e ventricule.
	Cerveau postérieur.	plafond :	*Cervelet*	Ventricule cérébelleux.
		plancher :	*Protubérance annulaire*	
	Cerveau moyen.	plafond :	*Tubercules quadrijumeaux*	Aqueduc de Sylvius.
		plancher :	*Pédoncules cérébraux*	
	Cerveau intermédiaire.	côtés :	*Couches optiques*	3e ventricule.
	Cerveau antérieur.		*Hémisphères cérébraux*	1er et 2e ventricules.
			Corps striés	
			Corps calleux et *trigone*	

A. — MOELLE ÉPINIÈRE

La moelle épinière est un cordon nerveux, logé dans le canal rachidien de la colonne vertébrale.

Elle présente 2 *renflements* : l'un *cervical*, l'autre *lombaire*, aux points d'insertion des nerfs qui se rendent aux membres supérieurs et aux membres inférieurs ; elle se termine par un paquet de nerfs appelé *queue de cheval* (fig. 150).

La moelle épinière porte 2 *sillons* longitudinaux :

l'un *antérieur* large, *s.a* ; l'autre *postérieur* étroit, *s.p* (fig. 154).

Elle émet latéralement 31 paires de **nerfs rachidiens**, *n.r.* Ces nerfs, dits *mixtes*, y naissent chacun par deux racines : une *racine antérieure centrifuge*, *r.a*; une *racine postérieure centripète*, *r.s*, pourvue d'un ganglion, *g* (p. 174).

Fig. 154. — Moelle épinière vue en coupe transversale : *s.a*, sillon antérieur ; *s.p*, sillon postérieur ; *c.b.a*, *c.b.l*, *c.b.p*, cordons blancs antérieur, latéral, postérieur de la substance blanche. — *s.g*, substance grise ; *c.a*, corne antérieure ; *c.p*, corne postérieure ; *r.a*, *r.p*, racines antérieure et postérieure d'un nerf rachidien.

Vue en coupe, la moelle épinière comprend 2 substances nerveuses :

la *substance blanche* extérieure, qui compose les *cordons* blancs, *cba*, *cbl*, *cbp* ;

la *substance grise* intérieure, qui forme un X avec 2 *cornes antérieures* larges, *c.a*, et 2 *cornes postérieures* étroites, *c.p*.

Les racines des nerfs rachidiens naissent en face des cornes grises.

La figure 149 permet de comprendre les relations de la moelle épinière : avec l'encéphale, d'une part; avec les organes périphériques sensoriels et réactionnels, d'autre part.

B. — ENCÉPHALE

Il comprend tous les centres nerveux logés dans la boîte crânienne : son poids moyen est de 1 300 grammes.

Vu de l'extérieur, l'encéphale présente à considérer :

le **cerveau**, (1 à 4, fig. 155) qui en occupe la majeure partie ;
le **cervelet** (7) séparé du cerveau par la fente du cervelet, et continué en avant par la protubérance annulaire (8) ;

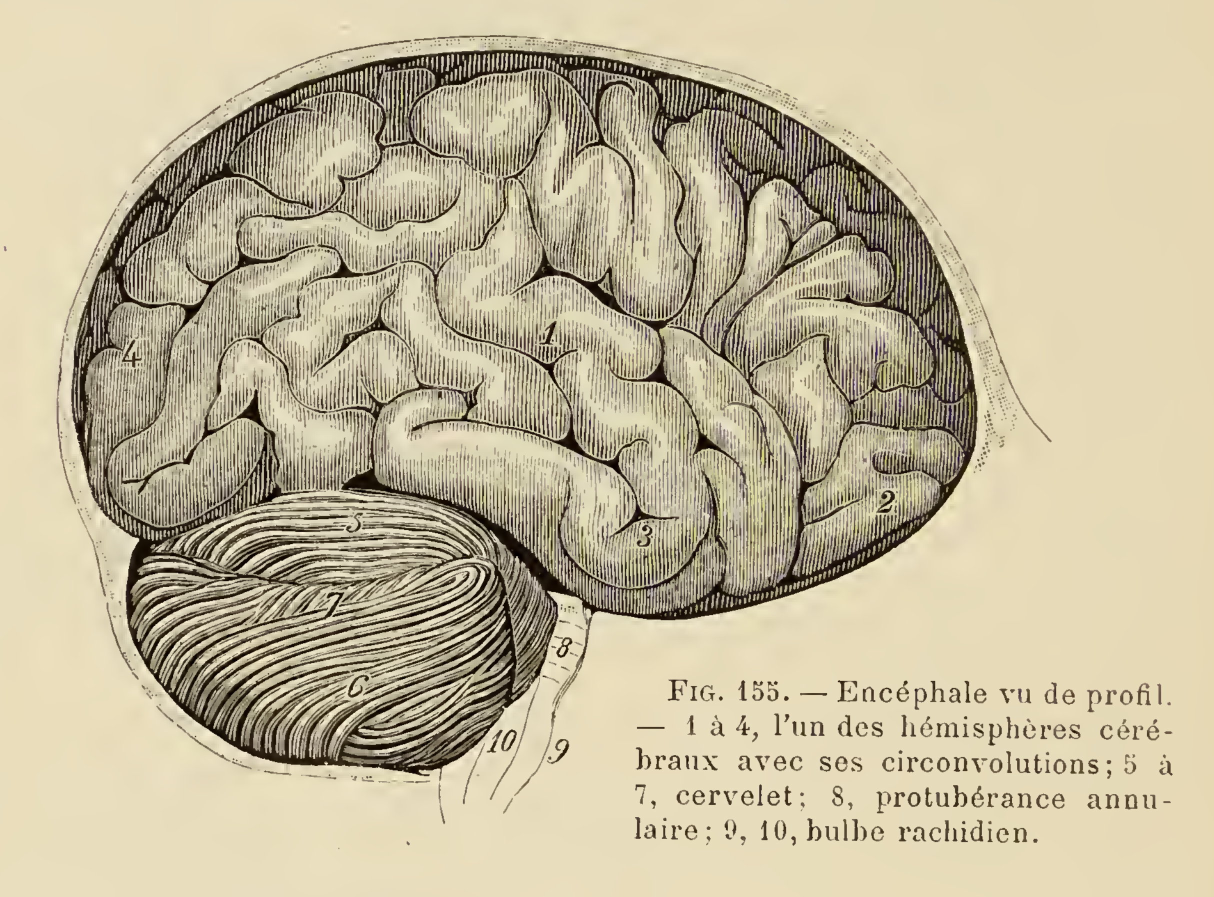


Fig. 155. — Encéphale vu de profil. — 1 à 4, l'un des hémisphères cérébraux avec ses circonvolutions ; 5 à 7, cervelet ; 8, protubérance annulaire ; 9, 10, bulbe rachidien.

le **bulbe rachidien** (10), cordon établissant la continuité de la moelle épinière avec l'encéphale.

Le cerveau est divisé en deux *hémisphères cérébraux*, *H*, par la faux du cerveau, *F* (fig. 151) ; sa surface porte des saillies dites *circonvolutions du cerveau*. — Le cervelet vu d'arrière (fig. 156) présente 3 lobes : un médian et deux latéraux, *Cer*, réunis en avant par la *protubérance annulaire*, *P.a.*

La surface du cervelet présente des circonvolutions plus régulières que celles du cerveau.

STRUCTURE DES DIVERSES RÉGIONS DE L'ENCÉPHALE

1° **Bulbe rachidien = Arrière-cerveau**. — Le bulbe est un tronc de cône, long de 3 centimètres seulement.

Le canal qui le traverse y forme le 4° ventricule très large (fig. 153) continué : en arrière, par le canal étroit de la moelle épinière ; en avant, par le ventricule du cervelet.

Le plafond en est représenté par une très mince lamelle (fig. 152, coupe XV).

Le plancher en est épais, au contraire, et forme des *pyramides* nettement visibles sur la face ventrale du bulbe (fig. 156).

Cet organe est très important malgré sa petitesse : en effet, *les cordons blancs et les cornes grises de la moelle épinière le traversent* en s'y **entrecroisant** *partiellement, pour continuer leur trajet dans l'encéphale.*

La substance grise y forme les *noyaux d'origine* de la plupart *des nerfs craniens* [de la 5e à la 12e paire (voir page 171)].

Une partie du cordon blanc latéral gauche de la moelle continue son trajet à gauche dans le bulbe, tandis que l'autre partie se porte à droite pour former la *pyramide antérieure* droite, et réciproquement. Cet entrecroisement, visible sur la face ventrale du bulbe, a été appelé *décussation des pyramides motrices.*

Les *pyramides antérieures* ainsi constituées *franchissent en haut la protubérance annulaire, constituent la partie ventrale des pédoncules cérébraux et se terminent dans les corps striés* (**cerveau antérieur**).

Au-dessus et en arrière des cordons antérieurs, *les cordons postérieurs* de la moelle se comportent de même :

Ils se dirigent en avant et se croisent pour former, en arrière des pyramides antérieures, *la partie postérieure des mêmes pyramides; ils traversent aussi* la protubérance, *forment l'étage dorsal des pédoncules cérébraux et se perdent dans les couches optiques* (**cerveau intermédiaire**).

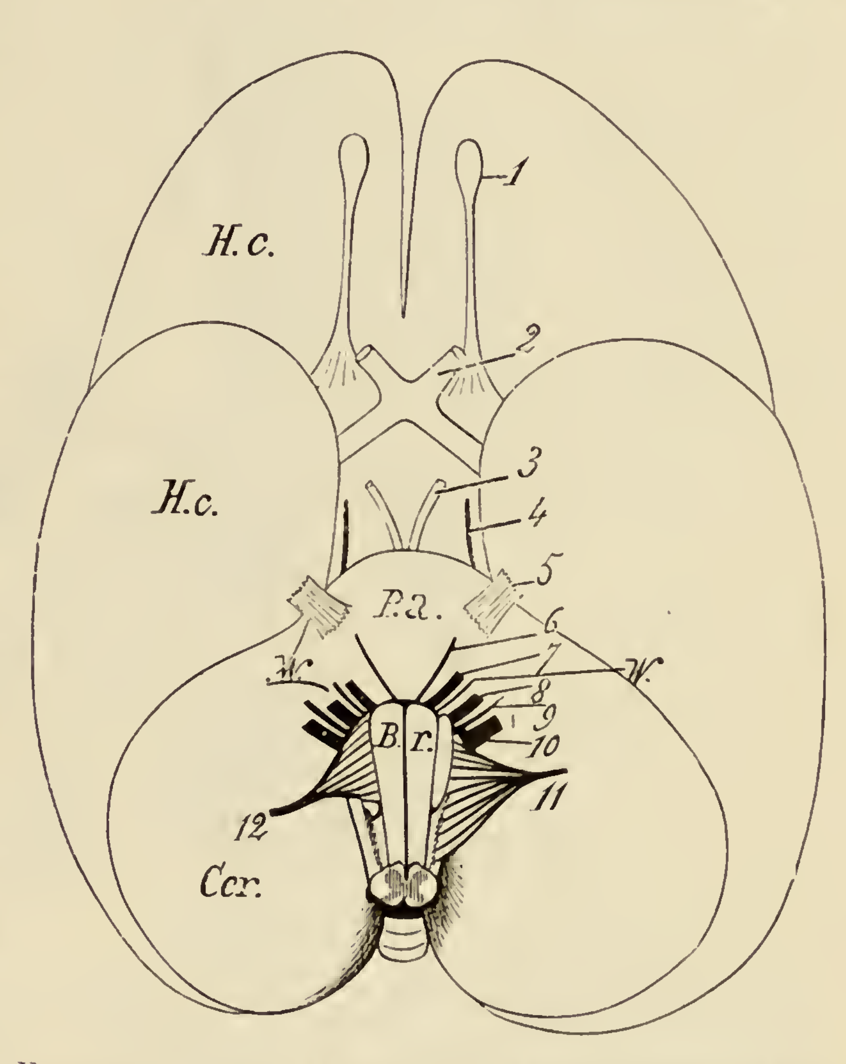


Fig. 156. — Nerfs craniens, indiqués par leurs numéros d'ordre (page 171).

2° **Cervelet et protubérance = Cerveau postérieur.** — Les 3 lobes du cervelet, *Cer* (fig. 156), forment le plafond et les parois latérales du ventricule cérébelleux : la protubérance annulaire, qui embrasse les pédoncules cérébraux, en est le plancher.

On voit sur la section longitudinale du cervelet :

1° de la *substance grise formant l'écorce cérébelleuse ;*

2° de la *substance blanche* interne qui, pénétrant dans la substance grise, offre un aspect curieux appelé *arbre de vie* (fig. 157).

Le cervelet est en rapport avec les autres régions de l'encéphale par les pédoncules cérébelleux.

Les *pédoncules cérébelleux inférieurs*, *p.e.i*, prolongements des cordons blancs latéro-postérieurs du bulbe, aboutissent aux hémisphères cérébelleux. — Les *pédoncules cérébelleux moyens*, *p.e.m*, forment la protubérance annulaire (*pont de Varole*) au-dessus

du bulbe, en avant. — Les *pédoncules cérébelleux supérieurs*, *p.c.s*, convergent en haut

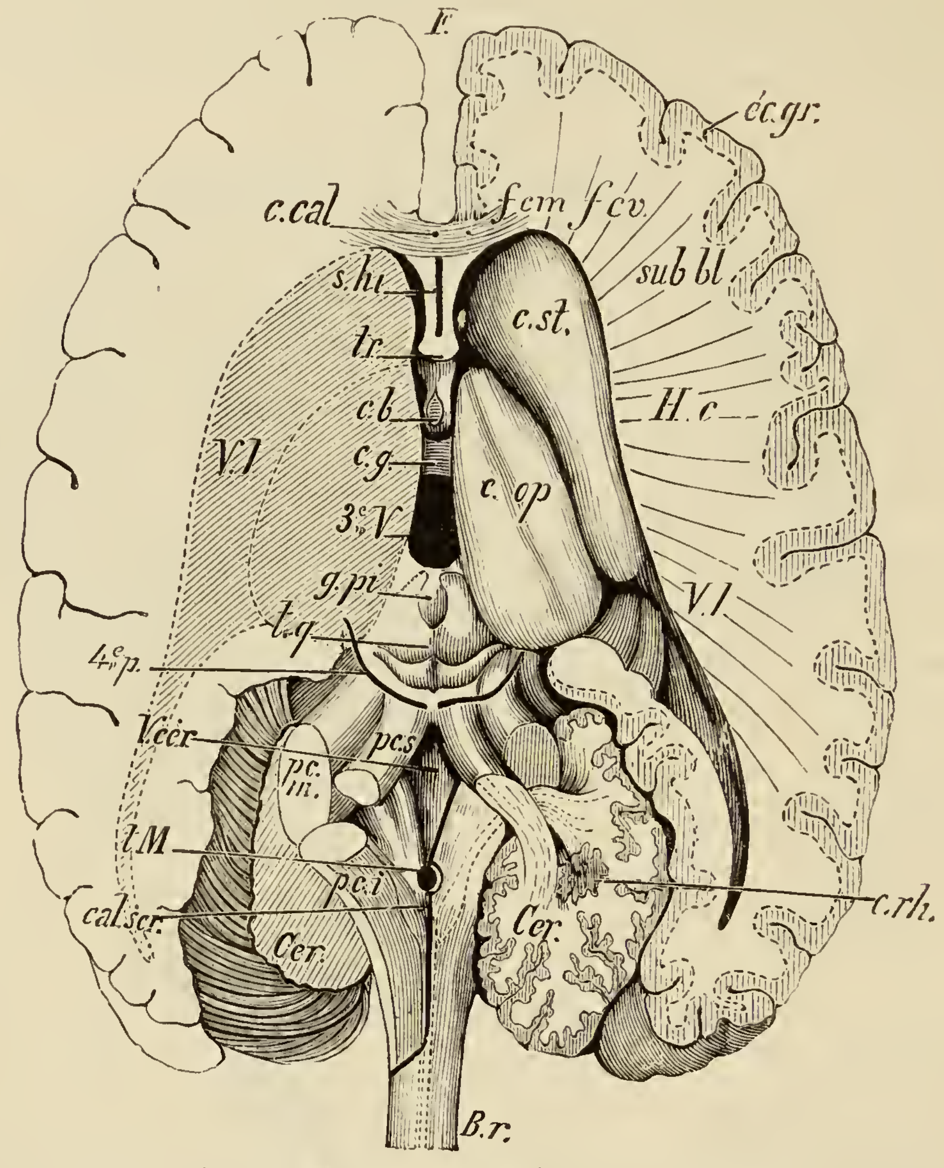


Fig. 157. — Coupe horizontale de l'encéphale. — *H.c* hémisphères cérébraux : *éc. gr*, écorce grise ; *sub.bl*, substance blanche ; *c.cal*, corps calleux ; *V.l*, ventricules latéraux. *F*, faux du cerveau ; *c.st*, corps striés. — *c.op*, couches optiques et leur commissure grise, *c.g* ; 3e *V*, 3e ventricule. — *t.q*, tubercules quadrijumeaux. — *Cer*, cervelet ; *V.cér*, ventricule cérébelleux. — *B.r*, bulbe rachidien.

sous les tubercules quadrijumeaux et vont se perdre, après entrecroisement, dans les couches optiques, *c.op*.

3° **Tubercules quadrijumeaux** et **pédoncules cérébraux** = **Cerveau moyen**. — Le ventricule cérébelleux se prolonge en avant par le canal étroit appelé *aqueduc de Sylvius*.

Les tubercules quadrijumeaux en sont le plafond ; les pédoncules cérébraux en forment le plancher. Ces derniers mettent en rapport les parties antérieures de l'encéphale avec le cervelet et le bulbe.

Les tubercules sont l'origine des nerfs optiques.

4° **Couches optiques** = **Cerveau intermédiaire**. — Ces 2 centres *c.op*, forment la paroi du 3e ventricule, à travers lequel ils sont reliés par un cordon (*commissure grise*, *c.g*). — Une partie des fibres nerveuses des pédoncules cérébraux aboutit aux *couches optiques* qui sont reliées, d'autre part, à l'écorce grise du cerveau antérieur, *éc.gr*.

5° **Hémisphères cérébraux** et **corps striés = Cerveau antérieur.** — C'est le cerveau proprement dit dont les 2 hémisphères, *H.c*, sont reliés par deux ponts de substance blanche : le *corps calleux*, *c.cal*, et le *trigone*, *tr* (fig.157). — A droite et à gauche sont les 1er et 2e ventricules, *V.l*, qui entourent en partie les *corps striés*, *c.st*.

Les corps striés sont 2 centres nerveux reliés, comme les couches optiques, aux pédoncules cérébraux et à l'écorce grise cérébrale, *éc.gr*.

La substance des hémisphères cérébraux est formée : de *substance grise* extérieure, de *substance blanche* intérieure.

Les fibres formant la **substance blanche cérébrale** comprennent :

des *fibres commissurantes* (corps calleux et trigone), unissant les 2 hémisphères ;

des *fibres convergentes*, qui rayonnent de la périphérie du cerveau vers les corps striés et les couches optiques.

Les *cellules nerveuses de l'***écorce grise cérébrale** *sont en relation avec toutes les régions du système nerveux céphalo-rachidien, par l'intermédiaire de deux sortes de relais : les* **couches optiques** *et les* **corps striés.**

De la face inférieure de l'encéphale partent 12 paires de *nerfs crâniens.*

Nerfs craniens : 12 paires (fig. 156).

Nos d'ordre.	Noms.	Fonctions et destination.
1.	**N. olfactif**	*Nerf de sensibilité spéciale* pour l'*odorat*. Il innerve les fosses nasales.
2.	**N. optique**	*N. de sensibilité spéciale* pour la *vue*. Il constitue la rétine de l'œil.
3.	**N. moteur oculaire commun**	*N. moteur* de tous les muscles moteurs de l'œil, sauf le grand oblique et le droit externe.
4.	**N. pathétique**	*N. moteur* du muscle grand oblique de l'œil.
5.	**N. trijumeau**	*N. mixte :* *N. de sensibilité générale* pour le globe de l'œil, la muqueuse nasale, les dents et la langue en avant ; *N. sécrétoire* pour la glande lacrymale et les glandes de la muqueuse pituitaire.
6.	**N. moteur oculaire externe**	*N. moteur* du muscle droit externe.
7.	**N. facial**	*N. moteur* des muscles de la face, principalement.
8.	**N. auditif**	*N. de sensibilité spéciale* pour l'ouïe. Il innerve l'oreille interne.
9.	**N. glosso-pharyngien.**	*N. de sensibilité spéciale* pour le goût. Il innerve le dos de la langue. *N. moteur* du pharynx.
10.	**N. pneumogastrique**	*N. mixte:* Sensations vagues et mouvements involontaires des poumons, du cœur, de l'estomac, etc.
11.	**N. spinal**	*N. moteur* des muscles du larynx.
12.	**N. grand hypoglosse.**	*N. moteur* des muscles de la langue.

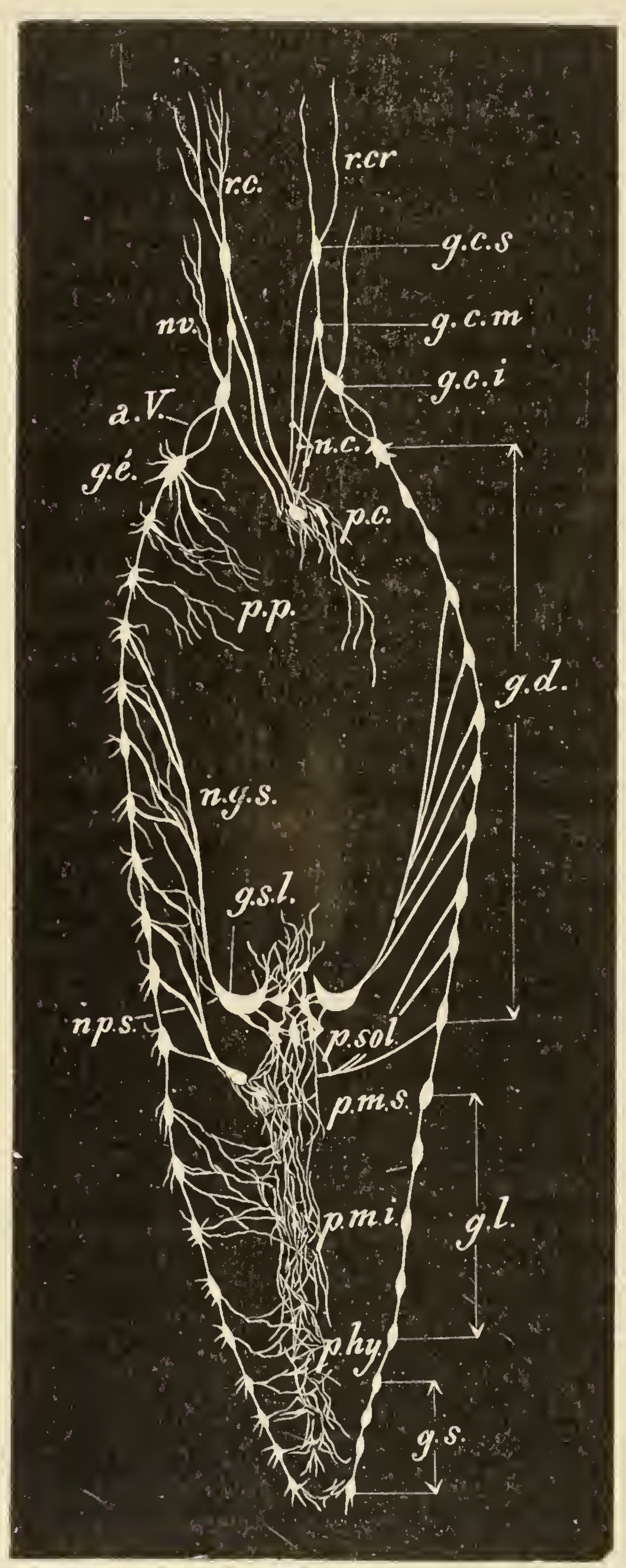


FIG. 158. — Schéma du grand sympathique — *g.c.s*, *g.c.m*, *g.c.i*, ganglions cervicaux donnant origine au nerf cardiaque, *n.c*; plexus cardiaque, *p.c*. — *g.d*, ganglions dorsaux : *p.p*, plexus pulmonaire ; *n.g.s*, nerf grand splanchnique ; *g.s.l*, ganglions semi-lunaires ; *g.sol*, plexus solaire ; *n.p.s*, nerf petit splanchnique. — *g.l*, ganglions lombaires ; *p.m.s*, *p.m.i*, plexus mésentériques. — *g.s*, ganglions sacrés ; *p.hy*, plexus hypogastrique.

Grand sympathique. — Au voisinage de la colonne vertébrale sont *deux chaînes nerveuses symétriques* (fig. 158); ces chaînes ont leur origine dans des ganglions situés dans la tête; elles s'étendent jusqu'à la partie inférieure de l'abdomen.

Elles présentent, sur leur trajet, des

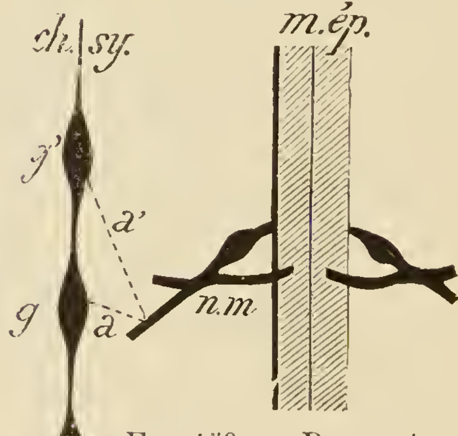


FIG. 159. — Rapports entre les nerfs rachidiens *n.m* de la moelle épinière, *m.ep.* et les ganglions sympathiques *g*, *g'* de la chaîne, *ch.sy* ; *a.a'*, branches nerveuses afférentes.

ganglions d'où se détachent des *nerfs* se rendant :

les uns, au système céphalo-rachidien par l'intermédiaire des nerfs rachidiens (branches afférentes, *aa'*, fig. 159);

les autres, aux organes (branches efférentes ou *nerfs sympathiques*).

Les fibres nerveuses du sympathique s'enchevêtrent autour des viscères (cœur, poumons, estomac, foie, intestin) en des *plexus* fort compliqués :

le *plexus cardiaque*, *p.c*, formé par les *nerfs cardiaques*, *n.c*, issus des ganglions cervicaux ;
le *plexus pulmonaire*, *p.p* ;
le *plexus solaire*, *p.sol*, avec un gros *ganglion semi-lunaire*, *g.s.l*, formé par les grand et petit *nerfs splanchniques*, *n.g.s* et *n.p.s*, issus des ganglions dorsaux ;
la *plexus mésentérique*, *p.m*, etc.

§ 2. — PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX

Le système nerveux présente à considérer 2 sortes d'organes, au point de vue fonctionnel :

1° les **nerfs** ou réunion de fibres nerveuses ;

2° les **centres nerveux**, qui sont des amas de cellules nerveuses.

Tout nerf est excitable ; il conduit les impressions et les excitations motrices ou sécrétoires.

Tout **amas de cellules nerveuses** *est un centre réflexe et un centre automoteur.*

A. — FONCTIONS DES NERFS

Les **nerfs** *sont les conducteurs des excitations.*

Ils peuvent être excités : *mécaniquement* par le choc, le pincement ; *physiquement* par les courants électriques induits ; *chimiquement* par les acides, les alcalis ; *physiologiquement* par les centres nerveux.

C'est grâce à leur propriété d'être excitables par les courants électriques, par exemple, qu'on a pu préciser la direction suivie par l'influx nerveux dans les nerfs de l'organisme.

Nerf centripète. Nerf centrifuge. Nerf mixte. — Le sens suivant lequel se propagent les excitations dans les nerfs, les a fait diviser en : nerfs *centripètes*, nerfs *centrifuges*, nerfs *mixtes*.

1° Dans un **nerf centripète**, l'excitation se propage de la périphérie de l'organisme vers un centre nerveux.

Le *nerf optique* est centripète, parce qu'il conduit les impressions visuelles de l'œil à l'encéphale.

Quand on sectionne le nerf optique et qu'on en excite le *bout central* (extrémité en rapport avec l'encéphale), le centre nerveux reçoit une impression lumineuse, indépendante de la nature de l'excitant. L'excitation du *bout périphérique* du nerf optique (extrémité en rapport avec l'œil) reste sans effet.

Les *nerfs olfactif* et *acoustique* sont aussi des nerfs centripètes conduisant à l'encéphale : le premier, les impressions des odeurs perçues par le nez ; le second, les vibrations sonores perçues par l'oreille.

2° Un **nerf centrifuge** conduit les ordres de mouvement ou de sécrétion, du centre nerveux à l'organe intéressé.

Les *nerfs moteurs oculaires* sont centrifuges, parce qu'ils conduisent les ordres, donnés par l'encéphale, aux muscles qui font mouvoir les yeux.

Si, après avoir sectionné l'un quelconque de ces nerfs, on en pince le *bout périphérique* (en rapport avec le muscle), immédiatement le muscle se contracte. — Pareille excitation du *bout central* ne donne aucun résultat.

Le *nerf grand hypoglosse*, qui porte à la langue les ordres de mouvement, est aussi un nerf centrifuge.

3° Un **nerf mixte** contient des fibres nerveuses centripètes et d'autres centrifuges; il est donc capable de porter des excitations dans les deux sens.

Si l'on excite chez un animal le *bout centripète* d'un nerf mixte sectionné, l'animal pousse des cris : donc il ressent une impression qui se traduit par de la douleur.

Si l'on excite fortement ensuite le *bout centrifuge*, l'animal effectue des mouvements sans manifester de douleur.

A la catégorie des nerfs mixtes appartiennent la plupart des nerfs de l'organisme : les *nerfs craniens des* 5ᵉ, 7ᵉ, 9ᵉ, 10ᵉ *et* 11ᵉ *paires*, les *nerfs rachidiens* et les *nerfs du grand sympathique*.

Les *nerfs rachidiens* naissent chacun par 2 racines sur la moelle épinière (fig. 154) : la racine antérieure ne renferme que des fibres centrifuges ; la racine postérieure ne contient que des fibres centripètes.

B. — FONCTIONS DES CENTRES NERVEUX

Les **centres nerveux** sont composés :

de *fibres nerveuses conductrices* qui en forment la substance blanche ;

d'*amas de cellules nerveuses* qui constituent la substance grise.

Ces amas de cellules nerveuses, ou *centres nerveux proprement dits, jouissent d'un pouvoir excito-réflexe* et d'un *pouvoir auto-moteur*.

1° Les centres nerveux ont un *pouvoir excito-réflexe*, c'est-à-dire qu'ils peuvent transformer une excitation, apportée par une fibre centripète, en un ordre emporté par une fibre centrifuge : c'est l'*acte réflexe simple*.

Une musique militaire passe sous nos fenêtres; nous y courons pour assister au défilé des soldats : le son perçu par nos cellules auditives a été porté par le nerf auditif centripète à un centre nerveux (encéphale) ; celui-ci, *en vertu de son pouvoir excito-réflexe*, a transformé l'impression sonore en un ordre de mouvement; cet ordre a été conduit aux muscles de nos membres par les fibres centrifuges de nerfs rachidiens.

2° Les centres nerveux ont un *pouvoir auto-moteur*, c'est-à-dire qu'ils peuvent provoquer des mouvements sans avoir reçu une excitation préalable.

Le sang, trop chargé de gaz carbonique, modifie la nutrition des cellules nerveuses du bulbe rachidien; celles-ci provoquent des convulsions chez le malade.

L'écorce grise cérébrale jouit de la *mémoire* et de la *volonté*. — En vertu de cette dernière faculté, l'écorce grise suscite les mouvements les plus variés des muscles qui lui obéissent : nous pouvons fléchir un doigt, faire tourner le bras, mouvoir une jambe, incliner la tête, *si nous le voulons*.

Examinons les fonctions de nos principaux centres nerveux.

1° Moelle épinière.

Par ses cordons blancs, la moelle épinière *conduit* les excitations et les ordres, entre l'encéphale et toutes les parties de l'organisme.

Par son axe gris, *elle est le* **centre nerveux** *des* **actes réflexes inconscients**, *irraisonnés.*

1° *La moelle épinière envisagée comme organe conducteur.*

On sectionne sur un animal : soit les cordons blancs postérieurs, soit les cordons antéro-latéraux, soit l'axe gris de la moelle, et on porte successivement une excitation sur le bout central, puis sur le bout périphérique de chacun d'eux. On déduit de l'effet produit le rôle conducteur de la région considérée.

Les **cordons blancs postérieurs** *conduisent, dans le sens centripète, les impressions sensitives de la périphérie vers l'axe gris de la moelle et l'encéphale.*

La section de ces cordons produit, chez l'animal, une sensation doulou-

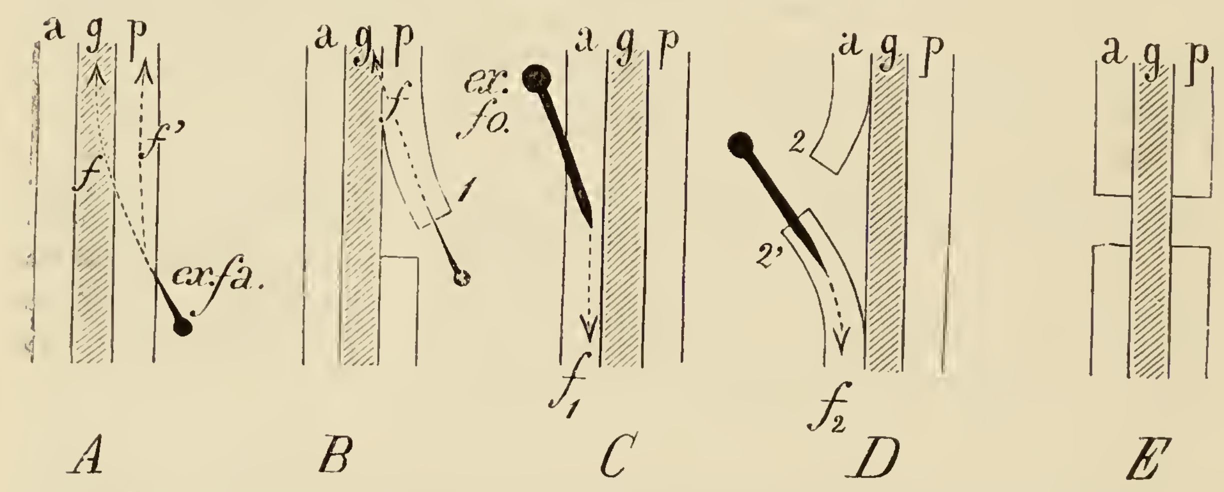


Fig. 160. — Figures schématiques se rapportant à l'étude des fonctions de la moelle épinière : *a*, cordons blancs antérieurs ; *p*, cordons blancs postérieurs ; *g*, substance grise.

reuse. — Si, après avoir isolé l'un d'eux, *p* (fig. 160, B), on en excite *légèrement* le bout central, 1, l'animal éprouve encore de la douleur.

Les **cordons blancs antéro-latéraux** *conduisent, dans le sens centrifuge, les ordres donnés par les centres nerveux [moelle épinière et encéphale].*

Leur excitation *énergique* provoque la contraction des muscles innervés par tous les nerfs postérieurs à la partie excitée suivant f_1 (*C*). — La section d'un cordon antéro-latéral (*D*) provoque des mouvements violents de toute la région postérieure à la section ; cette région postérieure est désormais paralysée. L'animal effectue des mouvements sous l'excitation du bout périphérique 2' *seul.*

La **substance grise** *est la voie principale de conduction des impressions sensitives dans la moelle.*

Toute excitation portée sur l'axe gris de la moelle, *g*, demeure sans effet. Si l'on sectionne tous les cordons blancs, *a*, *p* (*E*), en respectant l'axe gris, la sensibilité est diminuée, *mais non abolie,* dans la région postérieure à la section. Par contre, la destruction de l'axe gris *seul* entraîne l'abolition totale de la sensibilité dans la région postérieure au point opéré.

2° ***La moelle épinière envisagée comme centre nerveux.*** — *La moelle est le centre nerveux des actes réflexes inconscients.*

L'acte réflexe médullaire a été étudié déjà (p. 162).

L'expérience suivante, réalisée chez la Grenouille, permet de définir avec certitude le rôle de la moelle comme centre nerveux :

On sectionne la moelle épinière chez la Grenouille, immédiatement en arrière du bulbe; on jette ensuite la bête dans l'eau d'un aquarium ; elle y nage *inconsciemment*, car elle ne sait pas éviter les obstacles.

Les actes réflexes, dont ses mouvements de natation sont la conséquence, peuvent être ainsi définis : *la peau reçoit l'impression du contact de l'eau ; cette impression est conduite par des nerfs centripètes à la* **moelle épinière** *qui transforme l'impression en un ordre de mouvement ; cet ordre est transmis, par des nerfs centrifuges, aux muscles moteurs des membres.*

Deux amis en promenade dissertent sur un sujet captivant, sans s'apercevoir ni de l'allure de leur marche, ni du chemin parcouru, ni de la direction adoptée : toute une série de réflexes inconscients a présidé à leur déplacement.

La moelle présente un centre fonctionnel important : le ***centre cardiaque***, localisé dans la région inférieure du cou et la partie moyenne de la région dorsale. L'excitation de ce centre est transmise au ganglion cervical inférieur, *g.c.i* (fig. 158), par les fibres rachidiennes afférentes à ce ganglion ; puis elle parvient au cœur par les nerfs cardiaques du sympathique, *n.c* ; les battements du cœur sont accélérés. — Si l'excitation est trop forte, le cœur s'arrête en *systole*.

Le centre cardiaque médullaire est donc, par l'intermédiaire des nerfs cardiaques du sympathique, *le centre accélérateur des battements du cœur ; pour les excitations fortes, il est le centre cardiaque d'arrêt en systole.*

2° Encéphale.

Bulbe rachidien. — Il renferme :

1° des faisceaux blancs *conducteurs ;*

2° des noyaux gris jouant le rôle de *centres réflexes.*

1° ***Le bulbe envisagé comme organe conducteur.*** — Par ses faisceaux blancs (*pyramides motrices* et *pyramides sensitives*), le bulbe conduit à l'encéphale les impressions qui lui sont transmises par la moelle ; il conduit aussi les ordres que l'encéphale envoie aux organes.

Pyramides motrices, *Py.m* (fig. 161). — L'excitation de la pyramide motrice *droite*, par exemple, *au-dessous de la décussation* en 1, provoque des mouvements dans la partie *droite* du corps (tronc et membres). — L'excitation de la même pyramide *au-dessus de la décussation* en 2, provoque des mouvements dans la partie *gauche* du corps.

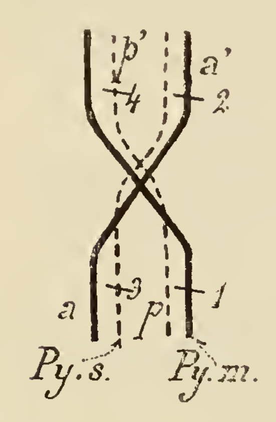


Fig. 161. — Schéma représentant dans le bulbe, l'entrecroisement des pyramides motrices, *Py.m*, et des pyramides sensitives, *Py.s.*

La section de la pyramide *droite, au-dessus de la décussation* en 2, a pour conséquence la paralysie du côté *gauche* du corps (tronc et membres) : en effet, la pyramide sectionnée renferme les fibres *centrifuges* qui conduisent les ordres de l'encéphale vers ce côté du corps.

Les phénomènes *inverses* auraient évidemment lieu par l'excitation ou la section de la pyramide motrice *gauche*.

Pyramides sensitives, *Py.s.* — L'excitation de la pyramide sensitive *droite*, par exemple, *au-dessous de la décussation*, provoque une impression dans la substance grise et la région cérébrale *gauche*. — Si l'excitation de la même pyramide a lieu *au-dessus de la décussation*, les mêmes effets se manifestent dans la partie *droite* de l'encéphale : les pyramides sensitives du bulbe renferment, en effet, les fibres *centripètes* qui conduisent les impressions de la périphérie du corps à l'encéphale.

3° ***Le bulbe envisagé comme centre nerveux.*** — Les noyaux gris qu'il contient (origines des 7 dernières paires de nerfs crâniens, fig. 162) président aux fonctions des poumons, du cœur, du foie, etc. La *lésion* de l'un quelconque de ces noyaux détermine la *paralysie* dans le domaine du nerf qui en est originaire.

Fig. 162. — Plancher du 4e ventricule, montrant la position relative des noyaux gris d'origine des nerfs crâniens (figurée d'un côté seulement).

Centre respiratoire. — La piqûre du plancher du 4e ventricule, dans la région la plus voisine de la moelle chez le Pigeon ou tout autre Vertébré supérieur, détermine la mort subite de l'animal : on appelle cette région le *nœud vital*.

Elle est l'origine du nerf pneumogastrique, qui apporte au bulbe l'impression du besoin de respirer et règle, par cela même, les mouvements respiratoires.

Centre cardiaque bulbaire. — La piqûre du nœud vital produit *l'arrêt du cœur en diastole*, parce que ce point du bulbe est un *centre modérateur des mouvements du cœur*.

Le cœur est donc soumis à 2 influences contraires : l'une *accélératrice* médullaire, l'autre *modératrice* bulbaire ; il obéit à toutes deux à la fois, suivant les besoins de la nutrition.

Protubérance annulaire. Pédoncules cérébelleux. Pédoncules cérébraux. — *Ils ont un rôle exclusivement conducteur.*

La lésion des pédoncules cérébelleux moyens chez un animal détermine une rotation du corps autour de son axe ; celle d'un pédoncule cérébelleux inférieur entraîne l'incurvation de l'animal du côté blessé ; celle d'un pédoncule cérébelleux supérieur produit l'incurvation du corps du côté opposé.

Les pédoncules cérébraux font communiquer les organes du corps avec les couches optiques et les corps striés ; les *fibres centripètes* (dorsales) et les *fibres centrifuges* (ventrales) qu'ils contiennent ont subi un entrecroisement dans le bulbe. — La section du pédoncule cérébral *droit* empêche : 1° la transmission des incitations motrices volontaires dans le côté *gauche* du corps ; 2° la propagation inverse des impressions sensitives jusqu'à l'écorce grise cérébrale.

Tubercules quadrijumeaux. — Ils paraissent coordonner les mouvements des yeux ; ils semblent affectés à la perception des impressions visuelles, impressions que travaille ensuite l'écorce grise cérébrale.

En effet, un Pigeon auquel on a enlevé les hémisphères cérébraux suit le mouvement d'un objet lumineux déplacé devant ses yeux, mais il n'en tire pas de sensation.

L'animal voit, mais il ne regarde pas.

Couches optiques et corps striés. — Ces centres nerveux semblent être des relais placés :

les **couches optiques**, *sur le trajet des fibres centripètes* qui apportent à l'encéphale les impressions venues de la périphérie ;

les **corps striés**, *sur le trajet des fibres centrifuges* qui emportent aux organes les ordres émanant de l'écorce grise cérébrale.

Hémisphères cérébraux. — La substance blanche est composée de fibres conductrices qui mettent en relation l'écorce grise cérébrale avec tous les autres centres nerveux.

*L'*__écorce grise cérébrale__ *est le centre nerveux des actes réflexes conscients, raisonnés.*

L'acte réflexe cérébral a été étudié déjà (p. 163).

En voici un nouvel exemple.

Une fleur répand près de nous une odeur agréable. *L'impression, reçue* par les terminaisons nerveuses de notre muqueuse pituitaire, *est conduite par le nerf olfactif à l'***écorce grise cérébrale** ; *celle-ci transforme l'impression en une sensation, puis en un ordre ; cet ordre est conduit aux muscles de nos membres* qui entrent en action et nous permettent d'approcher de la fleur et de la cueillir.

L'écorce grise cérébrale est aussi le siège de la **mémoire** *et de la* **volonté** [1].

---

1. Flourens, ayant enlevé à un Pigeon ses hémisphères cérébraux, *sans altérer les autres parties de l'encéphale*, vit l'animal réduit à l'immobilité, inconscient de ce qui

En cela, elle constitue un appareil supérieur à la moelle ; les phénomènes nerveux, auxquels elle donne lieu, résultent le plus souvent d'une *association de réflexes* et non d'un réflexe unique.

Exemple : 1° L'odeur d'une première fleur nous frappe ; une *série de réflexes* suscite les contractions des muscles moteurs de la tête et des yeux, pour nous permettre d'apercevoir la plante odoriférante.

2° Nous *jugeons* de la distance à laquelle se trouve la plante ; mais nous sommes en étude, nous ne pouvons nous déplacer : *nouvelle série de réflexes dont l'organe terminal est l'écorce grise cérébrale.* Cet organe conserve la *mémoire*, le *souvenir* de l'impression reçue et de sa cause.

3° L'étude est terminée ; *notre souvenir devient l'origine d'une nouvelle série de réflexes ;* sous l'influence de notre *volonté*, nous courons vers la plante.

4° Au moment où nous cueillons la fleur, le pas d'un surveillant se fait entendre ; l'impression auditive perçue suscite de notre part une *quatrième série de réflexes :* retour précipité vers nos condisciples.

Cervelet. — C'est l'*appareil de coordination des mouvements.* Sa suppression chez un animal amène le désordre le plus complet dans ses mouvements, l'affaissement de tout le système musculaire, sans modifier la sensibilité, la mémoire ni la volonté du sujet en expérience.

3° Grand sympaphique.

Le grand sympathique se compose de *nerfs mixtes* et de *ganglions.*

Ces nerfs et ces ganglions possèdent des propriétés, et jouent un rôle, analogues à ceux des éléments de même ordre du système céphalo-rachidien. Le grand sympathique dépend étroitement de ce système, d'ailleurs.

Il est plus spécialement *affecté aux phénomènes intimes de la nutrition.*

Les **ganglions** paraissent être des *relais* comparables aux noyaux gris des corps striés et des couches optiques, relais destinés à *conduire* les ordres *émanant des centres cérébro-spinaux.*

---

se passait, même à son voisinage immédiat. — Le Pigeon ainsi opéré a perdu toute *intelligence*, toute *volonté ;* il n'est plus capable que de réflexes inconscients : ainsi il avalera des graines introduites fort avant dans sa bouche, il battra des ailes dans l'air quand on l'y projettera, sans orienter son vol, etc.

Les fonctions de la vie végétative seules continuent à s'accomplir dans ces conditions, et parfois pendant plusieurs mois.

Les **nerfs** du sympathique sont *mixtes;* leurs fibres sont excitables par les mêmes agents que ceux qui agissent sur les nerfs rachidiens, *sauf la volonté qui n'a aucun effet sur eux.*

Les ordres de mouvement transmis par les fibres centrifuges sympathiques sont *involontaires.* Les fibres musculaires lisses, qu'innervent ces nerfs, obéissent lentement aux excitations.

Le grand sympathique joue le rôle le plus important dans la régulation de la circulation du sang et l'harmonie des sécrétions. Il exerce une action continue sur le cœur et sur la tunique musculaire des vaisseaux sanguins.

Le grand sympathique est sous la dépendance étroite du système cérébro-spinal dont il fait partie; il ne constitue pas un système particulier.

Les **centres nerveux** de l'axe cérébro-spinal *élaborent les impressions vagues que leur transmet le grand sympathique; ces mêmes centres nerveux lui donnent les ordres de mouvement et de sécrétion qu'il porte plus particulièrement aux appareils circulatoire et sécréteur.*

Le grand sympathique est donc l'appareil régulateur de la nutrition des organes, de la sécrétion glandulaire [il contribue par suite à *la répartition normale de la chaleur dans notre corps*].

A l'axe cérébro-spinal seul (*moelle* et *encéphale*) incombe l'administration de tous les départements que comprend notre organisme si complexe.

DÉVELOPPEMENT ET HYGIÈNE DU SYSTÈME NERVEUX

I. **Son développement.** — *Tout organe acquiert un développement en rapport avec la somme de travail qu'il réalise.*

L'écorce grise cérébrale, remplissant des fonctions plus importantes que les autres centres nerveux, mérite de ce fait plus d'attention.

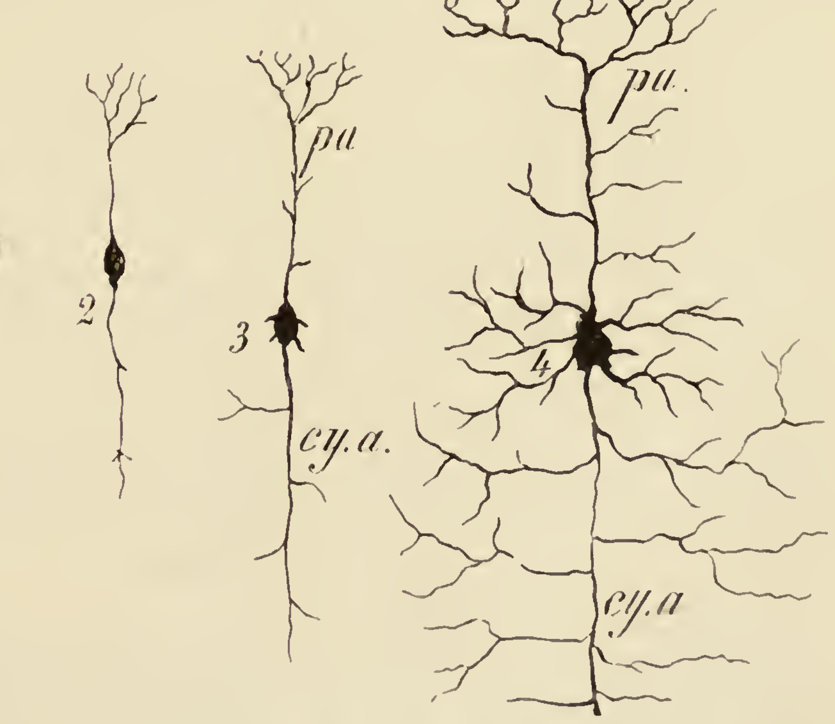


Fig. 163. — Évolution de la cellule pyramidale cérébrale chez l'Homme. — 1, 2, 3, 4, stades successifs; *pa*, panache; *cy.a*, cylindre-axe interrompu en 4.

Son élément fondamental est le neurone appelé *cellule pyramidale*, à cause de la forme de son corps cellulaire.

D'abord constituée par un corps sans prolongements, la

cellule pyramidale acquiert peu à peu un cylindre-axe sans ramifications et un panache terminal des plus simples (fig. 163, 1 et 2); apparaissent ensuite (3) les ramilles collatérales du cylindre-axe et du panache qui se développent en longueur. La complexité de la forme définitive de la cellule pyramidale (4) est seulement acquise dans l'âge adulte, et d'une manière variable avec la gymnastique cérébrale.

La multiplicité des ramifications du neurone détermine, semble-t-il, de nouvelles connexions intercellulaires dans la substance grise cérébrale, grâce à une éducation mentale savamment dirigée. Elle favorise ainsi le groupement de plus nombreux éléments, en vastes associations capables d'un travail puissant et rapide.

II. **Son hygiène.** — Un *exercice général musculaire modéré* active toutes les fonctions de l'organisme : il assure donc l'irrigation normale des centres nerveux par un sang oxygéné et nutritif; ce liquide en élimine les principes nuisibles, à mesure qu'ils apparaissent (urée, leucomaïnes, gaz carbonique, etc.). La fatigue cérébrale est ainsi évitée, avec son cortège de troubles variés, retentissant à la fois sur les organes sensoriels et sur les appareils de nutrition.

Le travail manuel est l'une des formes d'exercice physique recommandables aux hommes d'étude, aux écoliers, à tous ceux dont la vie est trop sédentaire. Outre l'exercice musculaire qu'elle exige, la pratique des outils, pendant 1 ou 2 heures par jour, favorise l'éducation des sens, soustrait la pensée au domaine de l'abstraction, force l'œil et la main à acquérir des notions précises sur les objets; les opérations de l'esprit, durant ces quelques moments, reposent sur des réalités; le jugement se développe, se rectifie ou s'affine.

RÉSUMÉ

SYSTÈME NERVEUX. — *C'est l'ensemble des organes qui assurent l'harmonie des fonctions dans notre corps, qui permettent ses rapports avec le monde extérieur* [**actes réflexes**].

ACTE RÉFLEXE

Élément impressionnable	Fibre centripète →	Neurone sensitif.	Centre nerveux.
Impression	————————→ ↓	*Sensation*	
Mouvement ou Sécrétion	←————————	*Ordre*	
Élément musculaire ou glandulaire.	Fibre centrifuge. ←	Neurone ordonnateur.	

SYSTÈME NERVEUX CHEZ L'HOMME

I. **Sa description**. — Le système nerveux comprend :

1° des **Centres nerveux**.
- *Encéphale.*
- *Moelle épinière.*
- Ganglions — *Grand sympathique.*

2° des **Nerfs**
- centripètes.
- centrifuges.
- mixtes. — *Grand sympathique.*

I. — Centres nerveux

Les centres nerveux sont protégés :

1° par une **enveloppe osseuse** [*crâne* pour l'encéphale, *canal rachidien* pour la moelle épinière] ;

2° par les **méninges** [la *dure-mère* fibreuse, à l'extérieur ; l'*arachnoïde* séreuse ; la *pie-mère* vasculaire, séparée de la précédente par le liquide sous-arachnoïdien].

I. **Moelle épinière**. — Elle forme un cordon avec 2 renflements et 2 sillons principaux ; elle se termine par la queue de cheval.

31 paires de *nerfs rachidiens* y naissent par 2 racines.

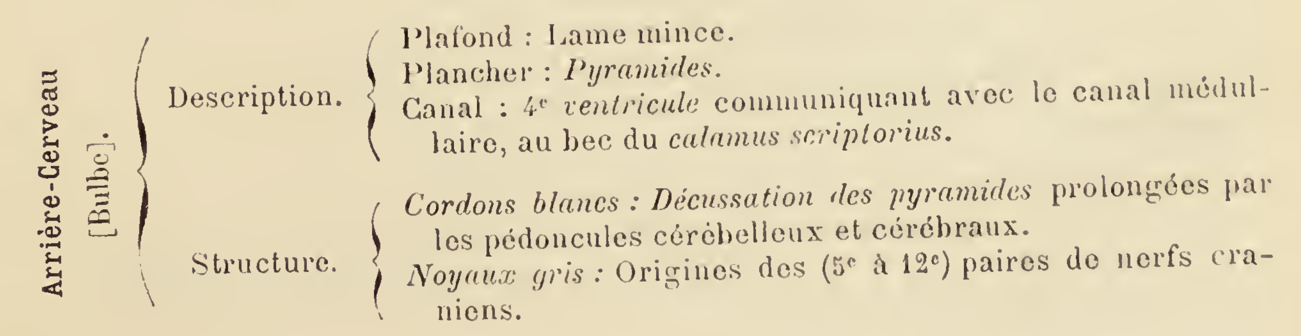
Sa structure.
- *Substance grise* en X formant
  - les *cornes antérieures.*
  - les *cornes postérieures.*
- *Cordons blancs.*
- Canal de l'*épendyme.*

II. **Encéphale**. — Envisagé au point de vue général, il comprend :

Encéphale.
- **Cerveau.**
  - 2 hémisphères séparés par la *faux du cerveau* — dure-mère
  - et hérissés de circonvolutions.
  - *Tente du cervelet.* — dure-mère
- **Cervelet** : 3 lobes et *protubérance annulaire ;*
- **Bulbe rachidien.**

12 paires de *nerfs craniens* partent de l'encéphale.

L'encéphale est formé de 5 cerveaux consécutifs, originaires d'un *tube nerveux*. — Dans chacun d'eux, on considère : un plafond, un plancher et un canal central.



- **Cerveau postérieur** [Cervelet et Protubérance].
  - Description.
    - Plafond : 3 lobes du cervelet ; les 2 latéraux sont réunis par la protubérance annulaire en avant.
    - Plancher : Pédoncules cérébelleux.
    - Canal : *Ventricule cérébelleux.*
  - Structure.
    - Écorce grise.
    - Substance blanche interne (*arbre de vie*).
- **Cerveau moyen.**
  - Plafond : **Tubercules quadrijumeaux.**
  - Plancher : *Pédoncules cérébraux.*
  - Canal : *Aqueduc de Sylvius* → Ventricule cérébelleux. → 3ᵉ ventricule.
- **Cerveau intermédiaire.**
  - Paroi : **Couches optiques.** — Commissure grise médiane, et noyaux gris.
  - Canal : 3ᵉ *ventricule* ↓
- **Cerveau antérieur** [Hémisphères cérébraux].
  - Description.
    - Canal : 2 *ventricules latéraux.*
    - Paroi.
      - Hémisphères réunis par le *corps calleux* et le *trigone.*
      - **Corps striés** (noyaux gris).
  - Structure.
    - *Écorce grise cérébrale.*
    - Substance blanche.
      - Fibres commissurantes reliant les 2 hémisphères.
      - Fibres convergentes entre l'écorce grise et les noyaux des corps striés et des couches optiques.

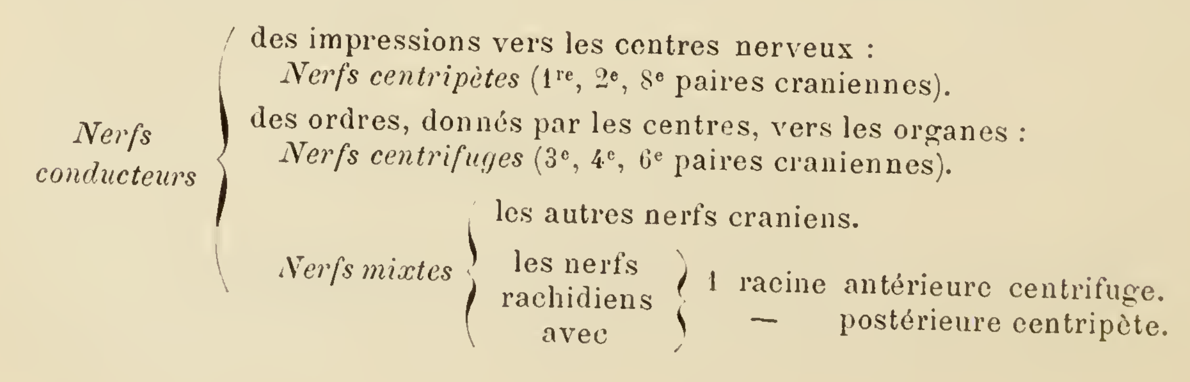
Grand sympathique. — Il comprend 2 *chaînes nerveuses* symétriques, voisines de la colonne vertébrale, avec 22 à 24 *ganglions* chacune. — Les ganglions sont reliés :

à la moelle épinière, par des *branches afférentes ;*

aux organes, par des *branches efférentes* qui y forment des *plexus.*

II. — Physiologie du système nerveux

1° **Fonctions des nerfs.** — *Les* **nerfs** *sont des conducteurs reliant les centres nerveux aux organes.*



2° **Fonctions des centres nerveux.** — Les ***centres nerveux*** possèdent un *pouvoir excito-réflexe* et un *pouvoir auto-moteur*.

L'***écorce grise cérébrale*** est, en outre, le siège de la *mémoire* et de la *volonté*.

Centres nerveux.

- **I. Moelle épinière**
  - conductrice
    - des impressions (*cordons postérieurs centripètes*).
    - des ordres (*cordons antéro-latéraux centrifuges*).
  - *Centre des actes réflexes inconscients.*
  - Centre accélérateur des mouvements du cœur (région dorsale).
- **II. Encéphale.**
  - **Bulbe rachidien.**
    - Pyramides conductrices.
    - Centre réflexe.
      - *Centre respiratoire.*
      - *Centre d'arrêt du cœur* (en diastole).
  - **Protubérance, pédoncules cérébraux** et **cérébelleux** conducteurs.
  - **Tubercules quadrijumeaux.**
    - Perceptions visuelles.
    - Coordination du mouvement des yeux.
  - **Couches optiques.**
    - Relais sur le trajet des impressions portées à l'écorce grise cérébrale.
  - **Corps striés.**
    - Relais sur le trajet des ordres portés des centres aux organes.
  - **Hémisphères cérébraux.**
    - Substance blanche conductrice.
    - Écorce grise.
      - *Centre des actes réflexes conscients.*
      - *Siège de la volonté* et de la *mémoire.*
      - Association de réflexes.
  - **Cervelet.** Appareil de *coordination des mouvements.*

Grand sympathique.
- Ganglions : sortes de relais.
- Nerfs mixtes.

Le grand sympathique ne *transmet* que des *mouvements involontaires.*

Les ordres qu'il reçoit des centres nerveux règlent la circulation du sang (*circulations locales*) et les sécrétions.

LES MICROBES ET LES MALADIES CONTAGIEUSES

Nous sommes exposés à contracter des maladies dues à des causes très diverses; certaines d'entre elles sont dues à des **Microbes** (fig. 56), êtres infiniment petits qui envahissent notre corps, pullulent dans nos organes qu'ils altèrent et en troublent les fonctions.

Ce sont ces maladies qu'on appelle ***maladies contagieuses:***

Le *choléra*, la *variole*, la *tuberculose*, la *diphtérie*, la *fièvre scarlatine*, la *rougeole*, etc., nous sont transmis par des microbes transportés par les eaux impures, par l'air ou par nos aliments; — la *rage* nous est généralement communiquée par la morsure d'un Chien, atteint de la même maladie.

Nous dirons ici quelques mots seulement des principales maladies contagieuses, en indiquant les moyens de nous en préserver et, s'il y a lieu, les remèdes applicables. — Elles ne sont pas toutes également répandues.

La mortalité qu'elles causent annuellement, en France, est la suivante : *tuberculose*, 160 000 décès; *diphtérie*, 18000; *fièvre typhoïde*, 15000; *variole*, 12000; *rougeole*, 15000; *fièvre scarlatine*, 6000.

La **tuberculose** est très redoutable puisque, sur 850 000 décès survenus chaque année en France, 160 000 lui sont attribués.

Fig. 164. — Bacilles de la tuberculose très grossis, au milieu de cellules de l'épithélium pulmomaire désagrégé.

Cette maladie attaque le plus souvent nos poumons; on l'appelle alors *phtisie pulmonaire;* les personnes atteintes sont dites *poitrinaires*.

Pâles, amaigris, perdant peu à peu leurs forces, *rejetant d'abondants crachats*, les tuberculeux meurent à bref délai s'ils ne consentent à prendre à temps les précautions nécessaires.

Les **crachats**, *voilà la voie par laquelle le phtisique répand autour de lui la tuberculose.* — Ces crachats renferment le microbe dangereux (fig. 164) ; projetés à terre, sur le plancher d'une chambre, ils s'y dessèchent, tombent en poussière que le vent, le balayage, l'époussetage dispersent.

Mais, dans cette poussière, le microbe n'a pas cessé de vivre ; il pourra donc pénétrer dans nos poumons. — *Si nous sommes affaiblis déjà, par une maladie récente* **ou par l'alcoolisme**, *nous ne tarderons pas à devenir phtisiques nous-mêmes* [1].

Le tuberculeux doit :

pour lui-même, habiter à l'abri des vents froids ; respirer un air pur et doux, sans cesse renouvelé dans sa chambre sans courants d'air ; se nourrir abondamment de mets légers;

---

1. La chair et le lait des vaches tuberculeuses peuvent nous communiquer aussi la maladie [p. 43].

pour les autres personnes, projeter ses crachats directement dans le feu ou dans un crachoir contenant de la chaux vive, de l'eau de Javel ou du chlorure de chaux [dans les appartements des villes, on peut employer, pour le crachoir, de l'eau phéniquée à 5 p. 100].

Linge, vêtements, literie, couvertures du malade seront désinfectés avec le plus grand soin [à l'étuve à 120°, ou bien par la solution phéniquée].

La **diphtérie** attaque les voies respiratoires; on l'appelle *angine, croup* ou *bronchite diphtérique*, suivant la partie malade.

Le microbe qui la produit (fig. 164 *bis*) détermine l'apparition de fausses membranes blanchâtres dans la gorge. La trachée-artère risque d'être bouchée par les membranes en question : auquel cas le malade, d'abord pris d'une toux persistante, ne peut plus respirer et meurt asphyxié, la face convulsée, après d'horribles souffrances.



Fig. 164 *bis*. Bacilles de la diphtérie, très grossis.

Les fausses membranes renferment le microbe : des fragments en sont détachés par la toux et projetés par le malade autour de lui; il faut donc les détruire. — D'abord, tapis et tentures doivent être enlevés de la chambre du malade; tous les objets que celui-ci touche, sa literie, son linge de corps, etc., doivent être soigneusement désinfectés. *Si ces objets n'ont pas grande valeur, il vaut mieux les brûler sur place.* — Le garde-malade ne doit pas se placer en face du malade pendant ses accès de toux, afin de ne pas recevoir lui-même de fausses membranes.

Depuis peu, on combat la diphtérie en injectant au malade du *sérum de chevaux traités d'une manière spéciale* (page 90).

La **fièvre typhoïde** est dangereuse par elle-même, et aussi parce qu'elle prédispose aux autres maladies.

Elle se propage ordinairement par les eaux de boissons impures.

On a remarqué, à Paris, que la fièvre typhoïde exerce surtout ses ravages dans les quartiers où de l'eau de Seine impure est distribuée en été, quand l'eau de source menace de manquer pour l'alimentation. — Nous devons veiller avec soin à ce que l'eau servant à notre alimentation soit pure (p. 32).

Le **choléra** a sévi à diverses époques en France; il y a été importé par les marchandises et les voyageurs venant de l'Inde, région où la maladie règne constamment (à l'état endémique). La cause en est due au *Bacille-virgule*, microbe ainsi appelé en raison de sa forme (fig. 10).

Le choléra se propage : par l'eau des rivières où le linge des cholériques a été lavé ; par l'eau de pluie délayant leurs excréments déposés sur la terre ou le fumier.

On évite le choléra, en mettant en *quarantaine* les navires suspects.

Quant au traitement de protection, il est le même à l'égard de la fièvre typhoïde et du choléra :

désinfecter les déjections du malade, par une dissolution de 50 grammes de chlorure de zinc dans un litre d'eau ; — *désinfecter les vêtements et le linge* à l'autoclave ou à l'eau phéniquée, *avant de les livrer au blan-*

chissage; — désinfecter la chambre du malade par lavage avec une dissolution de 10 grammes de chlorure de chaux dans 1 litre d'eau, ou avec de l'eau de Javel étendue.

La **variole** ou **petite vérole**, très meurtrière autrefois, devrait avoir totalement disparu si nous n'étions aussi indifférents, aussi coupables, vis-à-vis de nous-mêmes.

Elle consiste dans l'apparition sur le visage, puis sur tout le corps, de points rouges (*pustules*) transformés bientôt en boutons remplis de liquide. Certains de ces boutons crèvent au bout de 15 à 25 jours, font écouler leur contenu et laissent autant de marques sur la peau. Le liquide desséché des pustules forme des croûtes jaunâtres.

Liquide et croûtes des pustules propagent la maladie, directement ou à l'état de poussières disséminées dans l'air.

[Le traitement de protection est identique à celui qui est indiqué plus haut].

Nous serions définitivement protégés contre la variole si, **vaccinés** dans notre jeune âge, **nous nous faisions revacciner tous les 8 ou 10 ans.**

Les nations, chez lesquelles la vaccination et la revaccination sont *obligatoires*, n'ont presque plus de décès par variole ; en France, nous perdons encore 12 000 personnes annuellement, à cause de notre *indifférence ridicule* touchant cette précaution.

La **rougeole** et la **fièvre scarlatine** atteignent surtout les enfants ; elles ne doivent pas être négligées, comme on le fait trop souvent dans les campagnes. — Ces maladies sont très contagieuses ; *l'enfant qui en est atteint doit être maintenu au chaud et* **isolé de ses camarades**, pendant 25 jours pour la rougeole, pendant 40 jours pour la fièvre scarlatine.

Interdiction absolue doit être faite au scarlatineux d'envoyer des lettres pendant ces 40 jours, car il dépose sur le papier les germes de la maladie sous forme de plaques très contagieuses [même traitement de protection que plus haut].

La **rage** se transmet d'un Chien, d'un Chat ou d'un Loup enragés, à l'Homme, par les morsures qu'il en reçoit.

On connaît aujourd'hui la manière de sauvegarder les *personnes mordues : celles-ci doivent immédiatement se faire conduire à l'Institut Pasteur, à Paris :* là, elles seront *vaccinées* contre la rage.

C'est le grand savant français ***Pasteur*** qui a découvert le traitement par lequel sont préservées d'une mort terrible les personnes mordues par un animal enragé[1].

---

1. On doit tuer sans merci tous les Chiens atteints de la rage ou qui manifestent les symptômes précurseurs de la rage. — [Consulter pour plus de développement sur ce sujet le *Cours élémentaire d'Hygiène*, par E. AUBERT et A. LAPRESTÉ.]

COMPLÉMENTS

COURS DE SAINT-CYR

LES ARTICULATIONS

Les articulations principales du corps humain sont les *articulations mobiles* ou *diarthroses* qui permettent les mouvements les plus étendus des diverses parties du squelette.

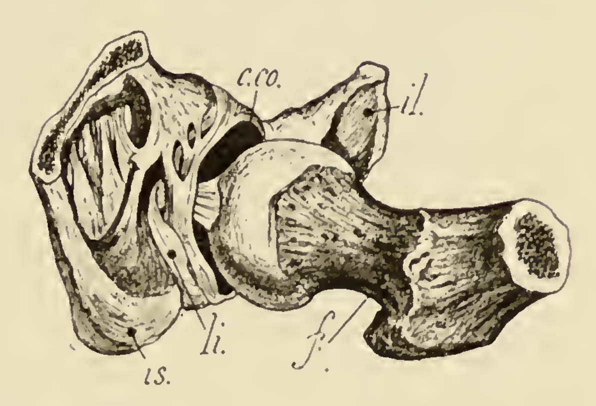


Fig. 165. — Articulation du fémur avec l'os iliaque. — *f*, fémur ; *il*, ilium ; *is*, ischion ; *c.co*, cavité cotyloïde ; *li*, ligament inséré sur la tête du fémur.

Presque toutes les parties du squelette sont ainsi réunies : par des *articulations en genou* (fémur dans la cavité cotyloïde de l'os iliaque, fig. 165) ; par des *surfaces planes* (phalanges), etc.

En principe, les surfaces d'articulations sont tapissées de *cartilages* hyalins plus épais au centre qu'à la périphérie ; quelquefois des *ligaments* à fibres normales, obliques ou croisées,

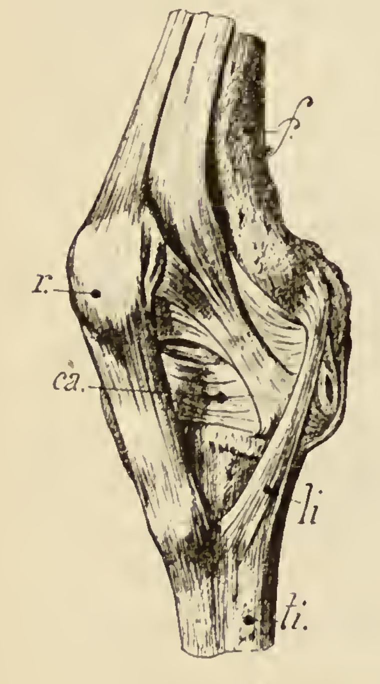


Fig. 166. — Articulation du fémur et du tibia. — *f*, fémur ; *ti*, tibia ; *r*, rotule ; *ca*, capsule ; *li*, ligaments.

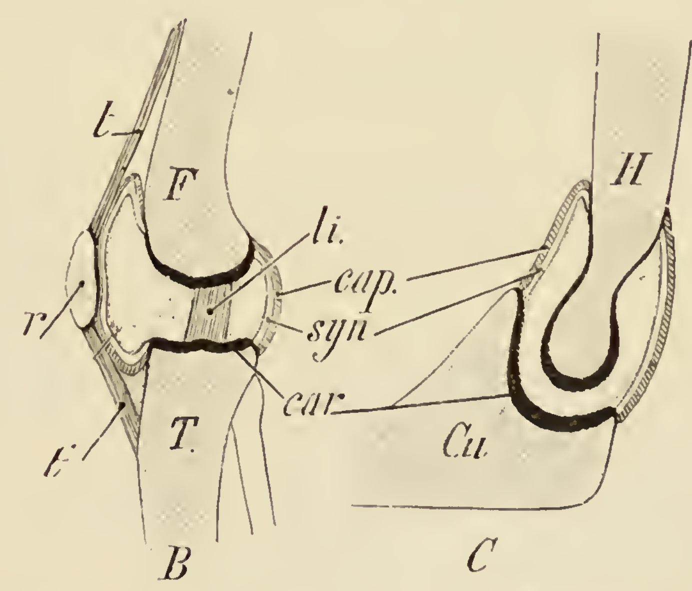


Fig. 167. — Articulations. — B, diarthrose fémoro-tibiale ; *F*, fémur ; *T*, tibia ; *r*, rotule ; *car*, cartilage ; *li*, ligament ; *t*, tendons ; *cap*, capsule fibreuse ; *syn*, membrane synoviale. — C, diarthrose huméro-cubitale.

s'étendent d'un os à l'autre. Un manchon fibreux ou *capsule*

entoure l'articulation et la protège (fig. 166) ; ce manchon est tapissé par une séreuse dite *synoviale* qui, par la fonte de son épithélium, sécrète de la synovie, liquide filant semblable d'aspect à l'albumine de l'œuf.

La synovie est chargée de lubrifier les surfaces articulaires.

Le vide existe dans tout l'espace limité par la membrane synoviale; aussi les os sont-ils appliqués les uns contre les autres par la pression atmosphérique.

Exemples de quelques articulations : — *Articulation du coude* (fig. 167, *C*). — Elle se fait entre l'humérus d'une part, le cubitus et le radius d'autre part : l'humérus et le cubitus seuls sont reliés par une capsule importante. Ce manchon fibreux s'insère à l'humérus suivant une ligne ondulée qui passe au-dessus des cavités coronoïde et olécranienne, ainsi comprises dans l'intérieur de l'articulation; il s'insère au cubitus sur le bord de la grande cavité synoviale qu'il présente [un ligament annulaire, émis par la capsule humérale entoure et maintient la tête du radius.] L'espace délimité par la capsule, *cap*, est tapissé par la synoviale, *syn*, qui forme de plus un bourrelet circulaire autour du col du radius; la synovie remplit tout cet espace.

Articulation du genou (fig. 166 et 167, *B*). — Elle a lieu entre le fémur *F* et le tibia *T*; la rotule y est intéressée en avant, *r*. L'union de ces os est réalisée à l'aide de parties périphériques (capsule et ligaments latéraux) et de parties intra-articulaires (ligaments et fibro-cartilages).

La capsule, très compliquée ici, s'insère sur le fémur au bord des surfaces cartilagineuses en avant, à plus d'un centimètre au-dessus des mêmes surfaces en arrière, de manière à permettre l'insertion de ligaments croisés interarticulaires dans l'intérieur même de la cavité formée par la capsule. Sur le tibia, le manchon fibreux s'applique à la circonférence des surfaces articulaires, sauf en arrière où il descend beaucoup plus bas. Il s'insère de même au pourtour de la rotule. La capsule est tellement mince en quelques points qu'on n'y considère que la synoviale; en d'autres points, elle est renforcée de ligaments très épais.

LES PRINCIPAUX MUSCLES DE L'HOMME

LEUR DESCRIPTION ET LEUR RÔLE

Ces muscles sont très nombreux et se répartissent en : *muscles de la tête*, *muscles du tronc* et *muscles des membres*.

I. **Muscles de la tête.** — Parmi ces muscles, on distingue de chaque côté (fig. 168) :

le *muscle frontal*, *fr*, inséré sur l'os du même nom ;

[En se contractant, il entraîne en haut la paupière, le sourcil et la peau du front dont il détermine le plissement transversal.]

le *sourcilier*, *so*, masqué par le précédent ;

[Sa contraction détermine les plis verticaux de la peau, à la racine du nez].

l'élévateur de la paupière supérieure, él.p; *l'élévateur de la lèvre supérieure, él*;

[Leurs noms suffisent à en indiquer la fonction.]

les *orbiculaires des paupières, or.p, et des lèvres, or.l*;

[Les premiers rapprochent les paupières et ferment les yeux quand ils entrent en action; le second fronce les lèvres en les appliquant contre les dents, et rétrécit l'orifice de la bouche.]

le *buccinateur, bu*, dont les fibres convergent vers les commissures des lèvres;

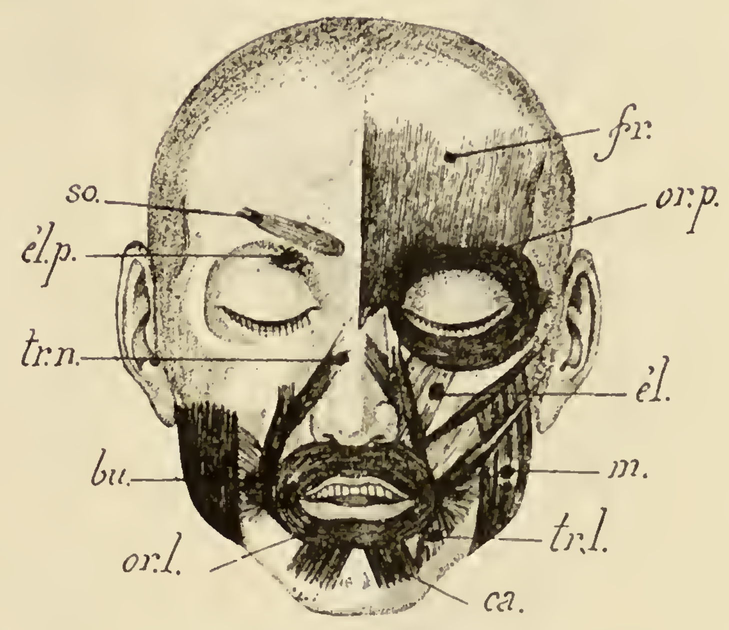


Fig. 168. — Muscles : frontal, *fr*; sourcilier, *so*; orbiculaire des paupières, *or.p*; élévateur de la paupière supérieure, *él.p*; triangulaire du nez, *tr.n*; buccinateur, *bu*; orbiculaire et triangulaire des lèvres, *or.l et tr.l*; masséter, *m*.

[En se contractant, il élargit latéralement la bouche et forme les plis verticaux qui creusent les joues.]

les *muscles masticateurs* dont il a été parlé (p. 19), à savoir :

le *digastrique*, abaisseur du maxillaire inférieur; les muscles *temporal* et *masséter, m*, releveurs du même os; les muscles *ptérygoïdiens* qui en déterminent les mouvements latéraux.

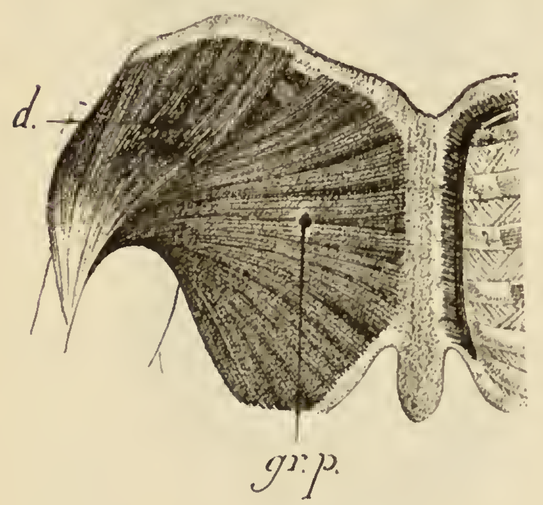


Fig. 169. — Muscles du tronc et de l'épaule : grand pectoral, *gr.p*; deltoïde, *d*.

II. **Muscles du tronc**. — Ils comprennent les muscles de la face antérieure et ceux de la région dorsale.

Les principaux muscles antérieurs sont :

le *grand pectoral, gr.p* (fig. 169), dont les fibres sont insérées à la fois sur le bord antérieur de la clavicule, le sternum et les cartilages des 6 premières côtes, sont unies aux

fibres du grand droit abdominal d'une part, et s'appliquent sur l'humérus d'autre part;

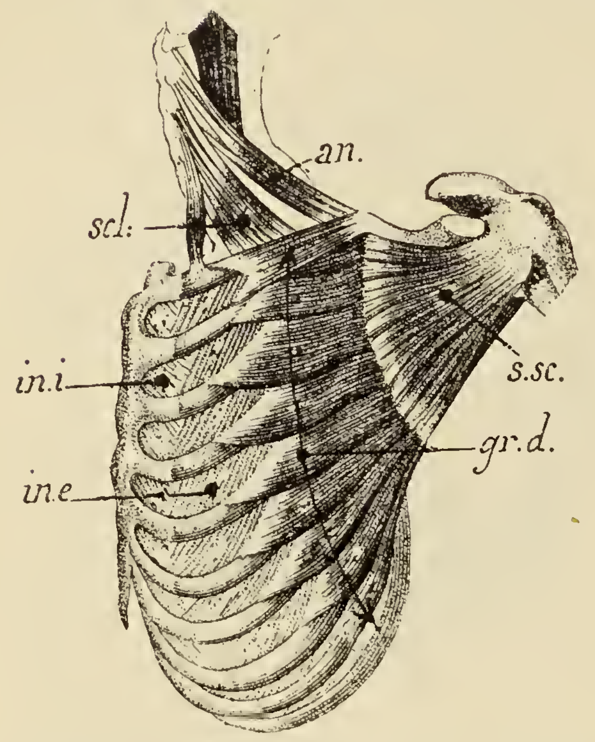


FIG. 170. — Muscles du tronc et du cou : grand dentelé, *gr.d*; sous-scapulaire *s.sc*; intercostaux externes, *in.e*, et internes, *in.i*; scalène, *scl*; angulaire de l'omoplate, *an*.

[Par sa contraction, il imprime au bras un mouvement de rotation en dedans, et l'amène en avant du corps].

le *grand dentelé*, *gr.d* (fig. 170) et le *sous-scapulaire*, *s.sc*, moins important, tous deux couverts par le grand pectoral en avant; les faisceaux musculaires du grand dentelé sont insérés: sur les 8 ou 9 premières côtes en avant, sur la face profonde de l'omoplate en arrière;

[Le grand dentelé porte l'omoplate en avant, en dehors et en haut, faisant éprouver de ce chef à l'épaule des mouvements variés.]

les *muscles intercostaux internes*, *in.i* et *externes*, *in.e*, dont la description et le rôle ont été indiqués, avec celui du muscle *diaphragme*, en étudiant la physiologie de la respiration (p. 61);

le *grand oblique*, *gr.ob* (fig. 171), dont les fibres sont insérées en haut sur les 8 ou 9 dernières côtes et latéralement sur la crête de l'os iliaque; ces fibres se dirigent en avant de la paroi abdominale pour se terminer dans la large aponévrose, *ap*, appelée encore *ligne blanche;* cette dernière aboutit au bassin (symphyse pubienne);

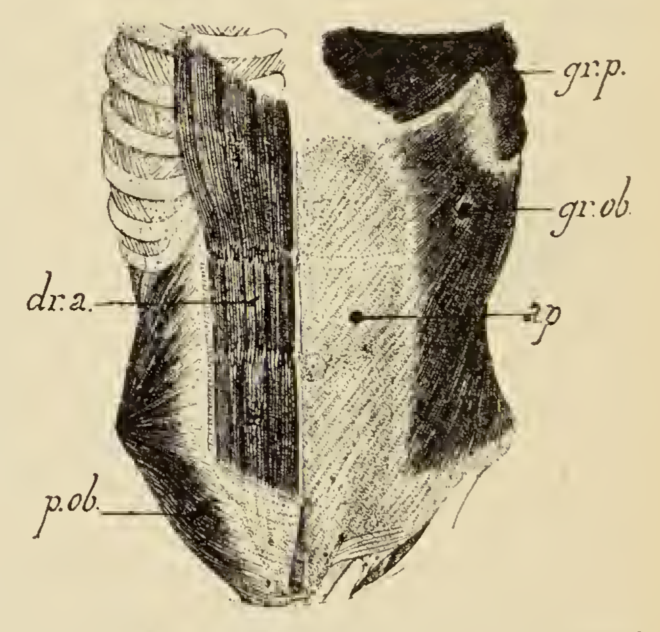


FIG. 171. — Muscles du tronc : grand pectoral, *gr.p*; grand oblique, *gr.ob*; droit abdominal, *dr.a*; petit oblique, *p.ob*; aponévrose abdominale, *ap*.

[Par la contraction simultanée des 2 grands dentelés, la paroi abdominale

est fortement déprimée, les fausses côtes tirées en bas, et le tronc s'incline en avant.]

le *petit oblique*, *p.ob*, recouvert par le précédent; ses fibres sont insérées obliquement, de la colonne vertébrale et de la crête iliaque, jusqu'aux cartilages des 3 ou 4 dernières côtes, pour se terminer dans une aponévrose confondue avec celle du grand oblique en dedans;

[Par son action, la paroi de l'abdomen est déprimée de haut en bas et de dedans en dehors; le tronc s'incline latéralement du côté du muscle et en avant.]

le *grand droit abdominal*, *dr.a*, inséré : en haut, sur les cartilages des 5e, 6e et 7e côtes; en bas, sur le pubis; il est séparé de son congénère par la ligne blanche.

[Il déprime les viscères abdominaux en se contractant et facilite la flexion du tronc en avant.]

Les principaux muscles postérieurs sont :

le *trapèze*, *tr* (fig. 172) dont les fibres convergent vers l'épaule, depuis l'occipital en haut jusqu'à la 10e vertèbre dorsale en bas; il recouvre le *splénius*, l'*angulaire* de l'omoplate au niveau de la nuque, la partie supérieure du *grand dorsal*;

Fig. 172. — Muscles postérieurs du tronc et de l'épaule : trapèze, *tr*; deltoïde, *d*; grand dorsal, *gr.d*. — *c.v*, colonne vertébrale; *om*, omoplate.

[Le rôle du muscle trapèze droit, par exemple, est d'incliner la tête du même côté et un peu en arrière, en dirigeant la face du côté gauche; il soulève l'omoplate, en entraînant le sommet de l'épaule d'avant en arrière.]

le *grand dorsal*, *gr.d*, inséré : d'une part, sur les apophyses épineuses des vertèbres [de la 6e dorsale aux vertèbres sacrées]; d'autre part, sur l'humérus après avoir contourné le muscle grand rond;

[Il entraîne le bras en arrière et en dedans, en abaissant et effaçant l'épaule.]

l'*angulaire de l'omoplate*, *an* (fig. 170) dont les fibres s'éten-

dent des 3 ou 4 premières vertèbres du cou au bord interne de l'omoplate ;

[Par sa contraction, il entraîne l'épaule en haut et en dedans.]

le *splénius*, muscle long et aplati qui s'étend, sous le trapèze, depuis l'occipital jusqu'à la 5e vertèbre dorsale ;

[Il sert à incliner la tête du même côté.]

les *scalènes*, *sc*, qui s'étendent de la colonne vertébrale (région du cou) aux premières côtes.

[Ils interviennent dans la respiration.]

III. **Muscles du membre supérieur**. — 1° *Épaule*. — On y observe surtout :

le *deltoïde*, *d* (fig. 169), qui forme la partie saillante de l'épaule en s'insérant à la fois sur la clavicule et l'omoplate en haut, sur la partie moyenne de l'humérus (face externe) en bas ;

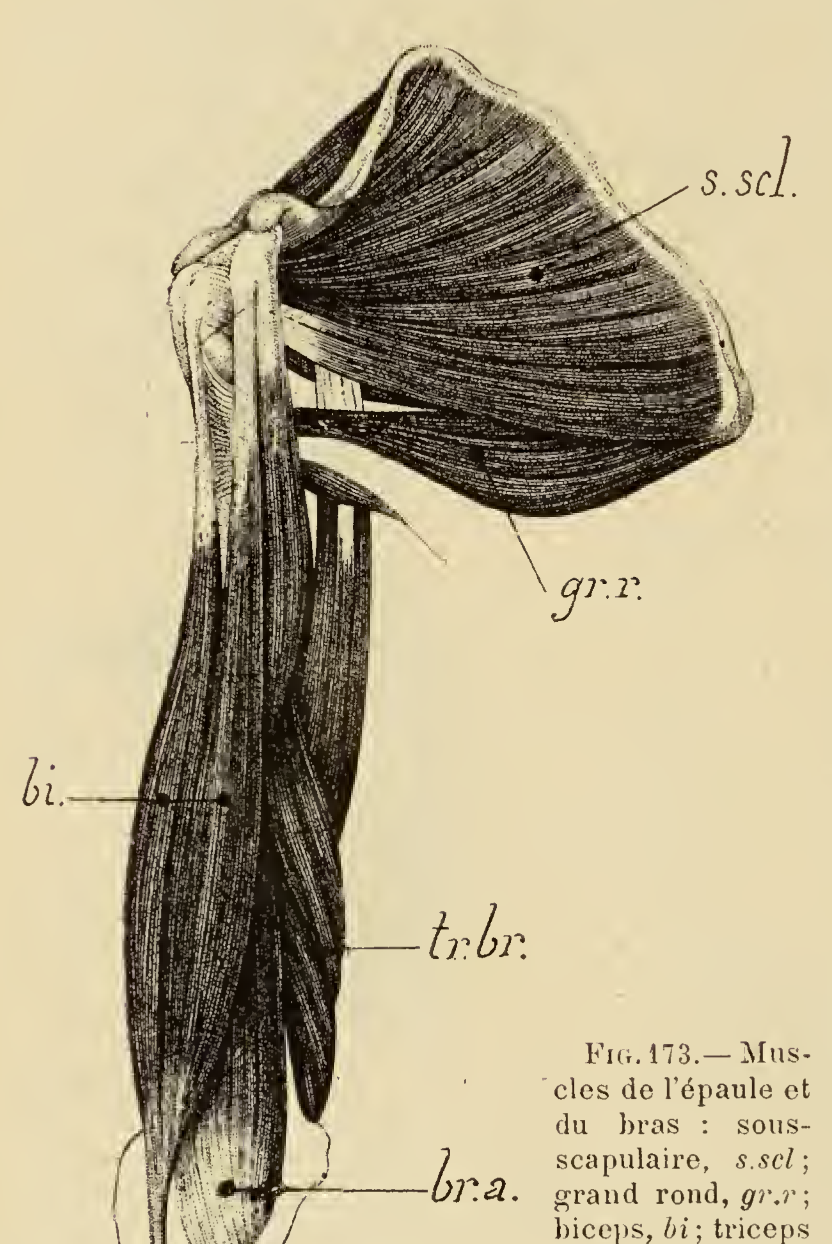


Fig. 173. — Muscles de l'épaule et du bras : sous-scapulaire, *s.scl* ; grand rond, *gr.r* ; biceps, *bi* ; triceps brachial, *tr. br* ; brachial antérieur. *br.a.*

[En se contractant, il porte le bras en haut et en dehors.]

le *sous-scapulaire*, *s.scl* (fig. 173), dont les faisceaux sont insérés sur toute la surface antérieure de l'omoplate (fosse sous-scapulaire) d'une part, sur la petite tubérosité de l'humérus et sa capsule articulaire d'autre part ;

[Il porte l'humérus en dedans par sa contraction.]

le *grand rond*, *gr.r* et le *petit rond*, insérés sur la face externe de l'omoplate et l'humérus.

[Antagonistes du précédent, ils impriment à l'humérus (et par suite au bras) un mouvement de rotation en dehors.]

2° **Bras.** — On y trouve 3 muscles principaux :

le *biceps*, *bi* (fig. 173); inséré par 2 tendons, en haut, sur la partie supérieure de la cavité glénoïde et du sommet de l'apophyse coracoïde de l'omoplate, puis appliqué sur la tête de l'humérus, le biceps présente ensuite 2 ventres, confondus en une seule masse charnue prolongée par un tendon unique inférieur ; ce dernier se fixe sur une tubérosité du radius ;

[Il sert à la flexion de l'avant-bras sur le bras.]

le *brachial antérieur*, *br.a*, inséré sur les faces interne et externe de l'humérus en haut, au voisinage de la tête du cubitus en bas.

[Il provoque de même la flexion de l'avant-bras sur le bras.]

le *triceps brachial*, *tr.br*, qui occupe toute la région postérieure du bras ; inséré par ses 3 tendons supérieurs sur le bord externe de l'omoplate et la face postérieure de l'humérus, il se fixe par un tendon unique inférieur sur l'apophyse olécrâne de l'humérus.

Fig. 174. — Muscles de l'avant-bras : rond pronateur, *r.pr* ; grand palmaire, *gr.p* ; supinateur, *gr.s* ; fléchisseur commun, *fl.* — Biceps, *bi* ; brachial antérieur, *br.a*.

[Antagoniste des précédents, il étend l'avant-bras sur le bras.]

3° **Avant-bras.** — Les principaux muscles de cette région sont :

le *muscle rond pronateur*, *r.pr*, dont les fibres sont dirigées

obliquement de la face postérieure de l'humérus et du cubitus à la partie moyenne et externe du radius ;

[Par sa contraction, il détermine le croisement du radius avec le cubitus (mouvement de pronation) qui amène le pouce en dedans; en même temps, l'avant-bras fléchit sur le bras.]

le *grand palmaire*, *gr.p*, qui s'étend obliquement de l'humérus à la face antérieure du carpe ;

[Il infléchit la main sur l'avant-bras, puis entraîne la main dans le mouvement de pronation.]

le *fléchisseur commun*, *fl*, qui s'étend, des faces interne et antérieure du cubitus et du bord interne du radius, jusqu'à la 3ᵉ phalange des 4 derniers doigts ;

[Il fléchit la 3ᵉ phalange sur la 2ᵉ et celle-ci sur la première.]

le *fléchisseur propre du pouce;*

le *long supinateur*, *gr.s*, inséré sur la crête externe de l'humérus en haut, qui descend sur le côté externe de l'avant-bras et se fixe sur le radius en bas.

[Il assure la flexion de l'avant-bras sur le bras, et place la main entre la pronation (pouce en dedans) et la supination (pouce en dehors.]

Les *muscles extenseurs dès doigts*, situés sur la face opposée de l'avant-bras, sont antagonistes des précédents.

IV. **Muscles du membre inférieur.** — 1° *Hanche et cuisse.* — Parmi les muscles de cette région, on distingue, en avant et du côté interne :

le *couturier*, *c* (fig. 175 et 176), inséré en haut de l'épine iliaque ; il descend obliquement en avant, puis en dedans de la cuisse et s'insère sur le tibia en avant;

[Il fléchit la jambe sur la cuisse, et celle-ci sur le bassin.]

le *triceps fémoral*, *tr.f*, comprenant en réalité 3 parties : le *droit antérieur*, *dr.a*, le *vaste interne* et le *vaste externe;* il est inséré sur la crête antérieure et inférieure de l'os iliaque et sur la partie supérieure du fémur, en haut; il forme, en bas, une lame fibreuse épaisse sur l'articulation du genou qu'il protège;

[Il étend la jambe sur la cuisse, puis fléchit la cuisse sur le bassin, par sa contraction.]

le *droit interne*, *dr.i* (fig. 176), inséré en haut sur le pubis, longe la cuisse en s'inclinant un peu en dehors, puis se termine sur le bord interne de la tête du tibia.

[Il tire le membre inférieur en dedans, et fléchit la jambe sur la cuisse.]

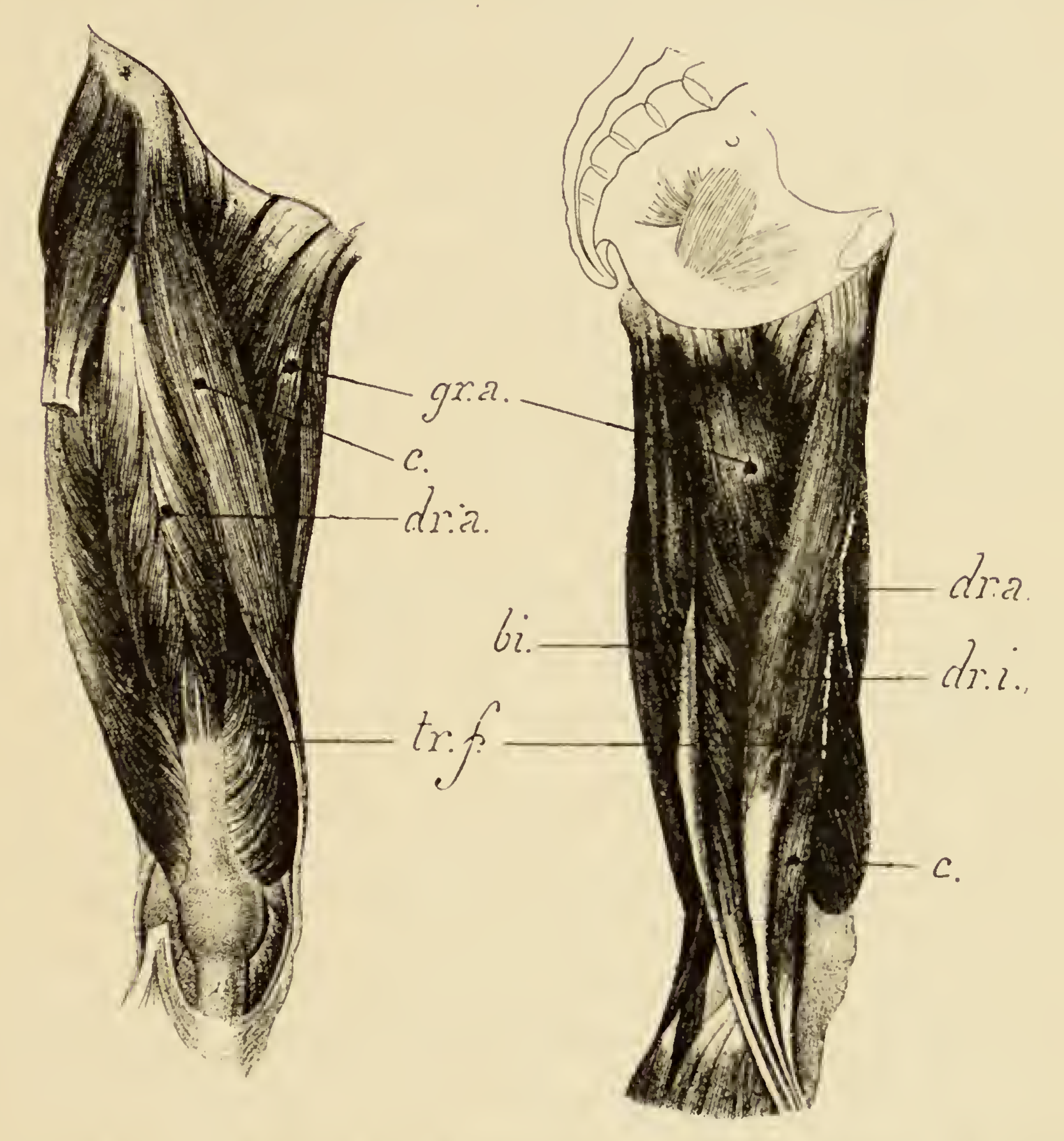


Fig. 175 et 176. — Muscles de la cuisse : partie antérieure (à gauche) ; face interne (à droite) : couturier, *c* ; triceps fémoral, *tr.f* ; [droit antérieur, *dr.a*] ; grand adducteur, *gr.a* ; droit interne, *dr.i*.

Les principaux muscles de la région postérieure sont :

les *fessiers* fort développés, insérés de l'os iliaque au fémur ;

[Ils maintiennent le corps verticalement, ou bien ils soulèvent la cuisse.]

le *biceps fémoral*, *bi*, dont les fibres partent de l'ischion et du fémur en haut, pour se terminer par un tendon épais sur la tête du péroné.

[Il fléchit la jambe sur la cuisse et imprime à celle-ci un mouvement de rotation en dehors.]

2° *Jambe.* — Parmi les muscles de cette région, les plus importants sont ceux de la région postérieure :

les *muscles jumeaux* insérés : d'une part sur le fémur et la capsule articulaire du genou ; d'autre part sur le calcanéum (os du talon) par le *tendon d'Achille* ;

le *soléaire*, inséré à la fois sur le tibia et le péroné en haut, terminé par le tendon d'Achille en bas ;

[Par leur contraction, ces muscles étendent le pied sur la jambe, la pointe en dedans; les jumeaux fléchissent aussi la jambe sur la cuisse.]

D'autres muscles *jambiers*, *extenseurs* et *fléchisseurs des orteils*, ont une moindre importance ; aussi ne les décrirons-nous pas plus que ceux de la main.

LOCOMOTION ET SES DIFFÉRENTS MODES

De la contraction des muscles dépendent les déplacements des os autour de leurs articulations.

Les muscles sont les *organes actifs* du mouvement; les os en sont les *organes passifs*.

Comme ces organes forment à eux seuls près des $\frac{2}{3}$ du poids total du corps, l'étude de la locomotion se borne à l'examen de leurs déplacements respectifs que les autres organes devront subir.

Le muscle fournit du travail en raison de son poids : si l'objet soulevé a pour poids P, si la hauteur à laquelle il est soulevé est H, le travail effectué est PH. — Les deux termes de ce produit varient beaucoup pour des *muscles d'un même poids* dans notre économie, grâce à la présence des os sur lesquels s'insèrent ces muscles.

Les os sont des leviers que les muscles actionnent. — Il existe 2 sortes de leviers dont l'organisme nous offre des représentants :

1° *Levier du premier genre.* — Le point d'appui O (fig. 177, 1) est situé entre la puissance P et la résistance R.

Ex. : La tête est appuyée par ses condyles occipitaux sur l'atlas (1re vertèbre) ; son centre de gravité, porté en avant par le poids des os de la face, est le point d'application de la force de pesanteur qui entraîne la tête à tomber en avant (résistance); la puissance est représentée par les muscles de la nuque qui tirent la tête en arrière (fig. 177, 1').

2° *Levier du troisième genre* (3). — La puissance P'' y est appliquée entre le point d'appui O'' et la résistance R''.

C'est le levier le plus commun dans l'organisme.

L'exemple le plus saisissable en est fourni par l'avant-bras dans sa flexion sur le bras fixe. — Le radius et le cubitus s'appuient sur la surface articulaire inférieure de l'humérus; la puissance est représentée par le biceps et le brachial antérieur; la résistance est représentée par le poids de l'avant-bras (3').

On appelle *bras de levier* de la puissance ou de la résistance, la distance

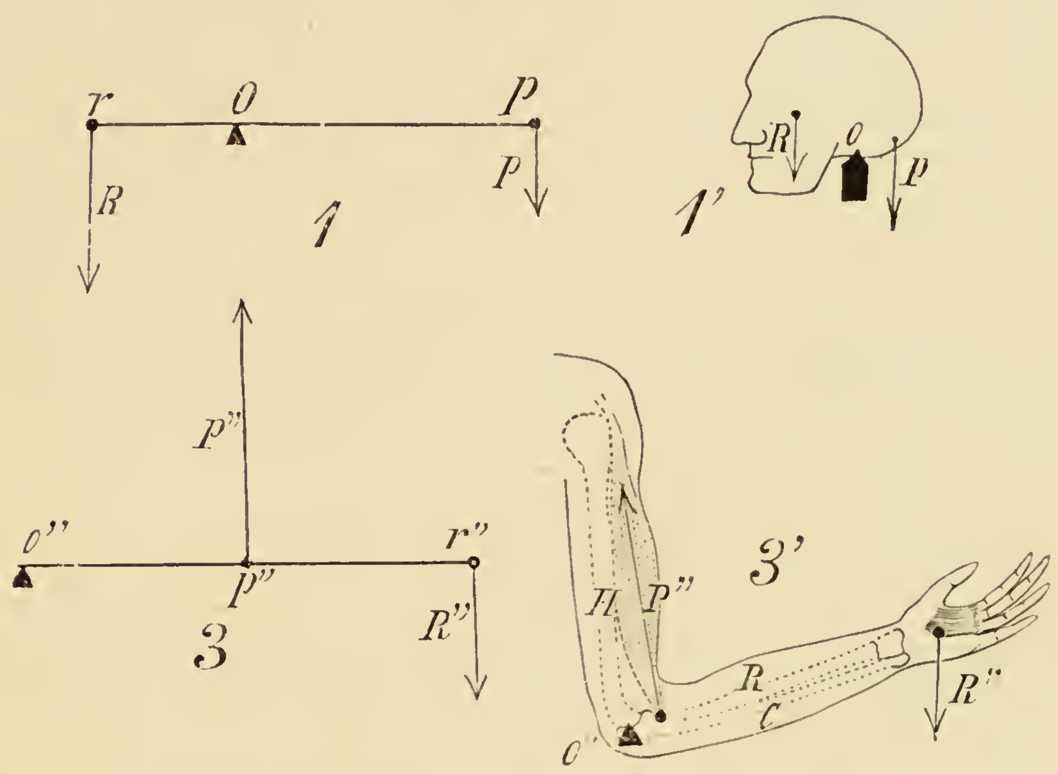


Fig. 177. — 1, 3, leviers du 1er et du 3e genre. — o, o'', points d'appui ; p, p'', r, r'', points d'application de la puissance P et de la résistance R. — 1', 3', exemples de ces 2 sortes de leviers dans l'organisme.

op ou *or* qui sépare du point d'appui O le point d'application de la puissance P ou celui de la résistance R.

La condition d'équilibre du levier est exprimée par la formule :

$$P \times op = R \times or \ (1) \quad \text{ou} \quad \frac{P}{R} = \frac{or}{op},$$

c'est-à-dire que les forces sont inversement proportionnelles à leurs bras de levier.

On tire de la formule (1) : $$P = R \times \frac{or}{op}.$$

Comme, dans le levier du troisième genre, on a $o''r'' > o''p''$, l'effort P que doit déployer le biceps pour soulever l'avant-bras est supérieur au poids R de cette partie du corps.

Une différence fondamentale entre les leviers employés dans les machines et les leviers du corps consiste en ce que les points d'application de P et de R, en général constants dans les machines, sont à chaque instant variables

dans le corps; les efforts musculaires déployés dans l'organisme sont réglés par le système nerveux suivant les nécessités.

REMARQUE. — Jusqu'à ces derniers temps, on admit, dans l'économie humaine, l'existence d'un levier du deuxième genre représenté par le pied se soutenant sur la pointe en soulevant le poids du corps.

A la suite d'expériences curieuses, le Dr Bédart a montré que *la contraction des muscles jumeaux n'est pas* seule *suffisante pour opérer le soulèvement du corps sur la pointe du pied*; pour être efficace, elle doit être combinée avec le déplacement du centre de gravité du corps en avant.

Exemple : On s'applique contre un mur par sa face antérieure (visage, poitrine, abdomen et pointe des pieds); on essaye, *mais en vain*, de se soulever sur la pointe des pieds. Qu'on s'éloigne quelque peu du mur pour permettre au corps de se porter légèrement en avant, et le mouvement deviendra possible.

Le pied représente un levier du premier genre dont le centre de rotation est dans l'articulation tibio-tarsienne; la puissance, due à la contraction des muscles du mollet, est appliquée au talon (extrémité du calcanéum); la résistance, égale au poids du corps, s'exerce à l'extrémité antérieure des métatarsiens.

Divers modes de locomotion.

Ce sont la *marche*, la *course* et le *saut*.

Dans la ***station debout***, la verticale abaissée du centre de gravité du corps tombe entre les 2 pieds, à l'intérieur du polygone de sustentation qu'ils déterminent.

Dans la ***marche***, les 2 pieds touchent d'abord le sol ensemble pendant un temps de *double appui*; puis l'un des pieds soulevé se porte en avant et se pose sur le sol avant que l'autre pied ne soit soulevé à son tour.

Pendant ce temps, la verticale du centre de gravité ne passant plus à l'intérieur du polygone de sustentation, le corps risquerait de tomber s'il n'oscillait de manière à porter le centre de gravité au-dessus du pied qui pose encore sur le sol.

Ce dernier va s'étendre, ainsi que le membre correspondant, pour porter le corps en avant et en haut; il quitte le sol en se raccourcissant par la flexion du genou, puis se porte en avant pour toucher terre et recevoir le poids du corps qui tomberait en avant sans cela, et ainsi de suite.

La ***course*** diffère de la marche, non par la rapidité, mais en ce que l'un des pieds n'est pas encore appuyé quand l'autre quitte le sol; pendant un temps assez court, appelé *temps de suspension*, le corps est donc tout entier en l'air. Chose curieuse, c'est pendant ce temps de suspension que le corps est le moins élevé au-dessus du sol.

M. Marey exprime ce fait en disant :

Le corps n'est pas projeté en l'air; ce sont les jambes qui se sont retirées du sol par l'effet de leur flexion.

Dans le ***saut***, le temps de suspension est plus long que dans la course; c'est à ce moment que le corps est le plus élevé en l'air.

HISTOIRE DE LA TERRE

§ 1. — NOTIONS PRÉLIMINAIRES

But de la Géologie. — *La* Géologie *est l'histoire de la formation de la Terre.*

Elle comprend la description de notre globe actuel, l'étude des phénomènes qui n'ont cessé d'y manifester leurs effets depuis les temps les plus reculés.

Intérêt de la Géologie. — Le voyageur, qui sillonne la France, est frappé des divers aspects présentés par les régions qu'il traverse :

Aux alentours de Paris, il trouve les plaines vastes et fertiles de la Brie et de la Beauce, aux terres fortes, où les céréales poussent avec vigueur.

S'il se dirige vers l'Est, après avoir traversé les plaines blanches, crayeuses et arides de la Champagne pouilleuse, il parvient aux collines verdoyantes, parfois escarpées, de la Lorraine, qui semblent comme les contreforts des montagnes cristallines des Vosges.

Vers l'Ouest, notre touriste rencontre les riches pâturages de la basse Normandie, établis en un terrain plat formé de calcaire ou de silice associés à l'argile ; à ce riant paysage font suite les champs incultes et accidentés de la vieille Bretagne granitique, couverts d'ajoncs et de bruyères.

Se porte-t-il au Sud ? Le panorama qui se déroule devant lui est bien autrement varié : aux riches vallées herbeuses, aux coteaux chargés de vignobles de la Bourgogne, succède le massif cristallin surélevé du Plateau central à l'allure plus tourmentée, avec ses profonds ravins entaillés dans la roche dure, que surplombent les cimes volcaniques du Puy-de-Dôme, du Plomb du Cantal et du Sancy ; puis apparaissent les incomparables chaînes des Alpes et des Pyrénées, hérissées

de cimes cristallines gigantesques, elles-mêmes découpées en une dentelle éminemment diversifiée, couvertes de neiges, sauf le long des pentes abruptes et dénudées.

Notre touriste longe-t-il l'Océan, de Calais à Biarritz ? Il observe successivement les hautes falaises crayeuses uniformes de la Normandie, les plages sableuses et basses du Calvados, la côte bretonne profondément découpée, puis les anses boueuses s'étendant de la Loire à la Gironde, les dunes sableuses des Landes, enfin la côte des Basques, incessamment tourmentée par les vagues de la mer.

Pourquoi des paysages si divers? Pourquoi ces cimes hardies et couvertes de neige, ces montagnes dénudées, ces vallées profondes et verdoyantes au milieu d'une région si profondément tourmentée ? Pourquoi ces vastes plaines à peine ondulées, les unes stériles, les autres d'une prodigieuse fertilité dans un site qui semble attester un calme parfait de la nature ?

La Géologie nous en donne les multiples causes, tirées du mode de formation et de la constitution même du sol. Elle nous permet, en outre, d'entrevoir et de découvrir la nature des richesses [matériaux de construction, minerais, combustibles] que renferme la Terre en telle ou telle région ; elle nous amène à comprendre l'inégale répartition des plantes et des animaux sur le globe, le groupement des Hommes et des cités en des centres *privilégiés*, tant par leur situation sur le trajet des voies de communications naturelles, que par le voisinage des richesses minérales variées[1].

L'étude de la Géologie offre donc un intérêt primordial, d'une haute portée scientifique et d'un caractère pratique tout à la fois.

---

1. Pourquoi Paris, par exemple, était-il déjà la Lutèce affectionnée des Romains ? parce que, tout autour de Paris, se trouvent accumulées des richesses minérales. A Paris même, abondent le calcaire grossier et le gypse [les catacombes de Paris sont d'anciennes carrières épuisées] ; l'argile plastique se trouve à Vanves et Vaugirard, aux portes mêmes de la ville ; le sable se retire de la Seine et des collines voisines ; les grès, utilisés pour le pavage et le dallage, proviennent de Beauchamp et de Fontainebleau situés à peu de distance.

CONSTITUTION DE LA TERRE

La Terre présente à considérer :

1° une **atmosphère** gazeuse, composée de l'*air* qui nous entoure[1] ;

2° une **écorce** solide, la *croûte terrestre*, dont fait partie le sol que nous cultivons ;

3° une **partie centrale**, noyau liquide et incandescent.

L'existence de ce noyau nous est révélée par les éruptions volcaniques : l'écorce terrestre, crevassée en certains points, laisse échapper par ses fissures une matière fondue appelée *lave*, dont la température est supérieure à 1 000 degrés ; une fois épanchée sur la terre, cette lave se solidifie et fait désormais partie de la croûte terrestre.

L'écorce terrestre nous apparaît donc *comme le résultat de la solidification du noyau central à sa surface.*

L'ÉCORCE TERRESTRE.

Examinons attentivement les talus d'une tranchée récemment ouverte pour le passage d'une route ou d'un chemin de fer, les parois d'un puits de mine ou d'un tunnel, d'une carrière en exploitation, d'une falaise désagrégée par la mer ou la pluie ; nous y reconnaîtrons quelques-uns des matériaux qui composent l'écorce terrestre ; ces matériaux s'appellent des **roches**.

[Le mot *roche* s'applique, en Géologie, tout aussi bien au sable le plus fin et le plus mobile qu'au granite le plus dur et le plus compact].



Fig. 178. — Le sol comprend le *sol arable* et la *terre végétale*, reposant sur le sous-sol.

Sol et sous-sol. — A la surface même de l'écorce se trouve le sol meuble, la **terre végétale**, où s'accumulent les

1. Voir E. Aubert, *Histoire des Animaux*, page 26.

débris animaux et végétaux en décomposition, où se développent les racines des plantes pour s'y nourrir.

C'est la terre végétale que l'Homme cultive en vue de son alimentation ; son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres au plus.



Fig. 179. — Roches stratifiées inclinées.

Le **sous-sol** est, en général, plus résistant que le sol qui y repose. C'est lui qu'on doit atteindre et creuser pour établir solidement les fondations des édifices.

Il se compose de roches de consistance et d'aspect fort différents parfois : les *roches sédimentaires* et les *roches cristallines*.

Roches sédimentaires. — Roches cristallines. — La terre végétale superficielle une fois enlevée, quand on creuse une tranchée par exemple, deux cas se présentent :

1° Tantôt le sous-sol est formé de *couches* superposées ou

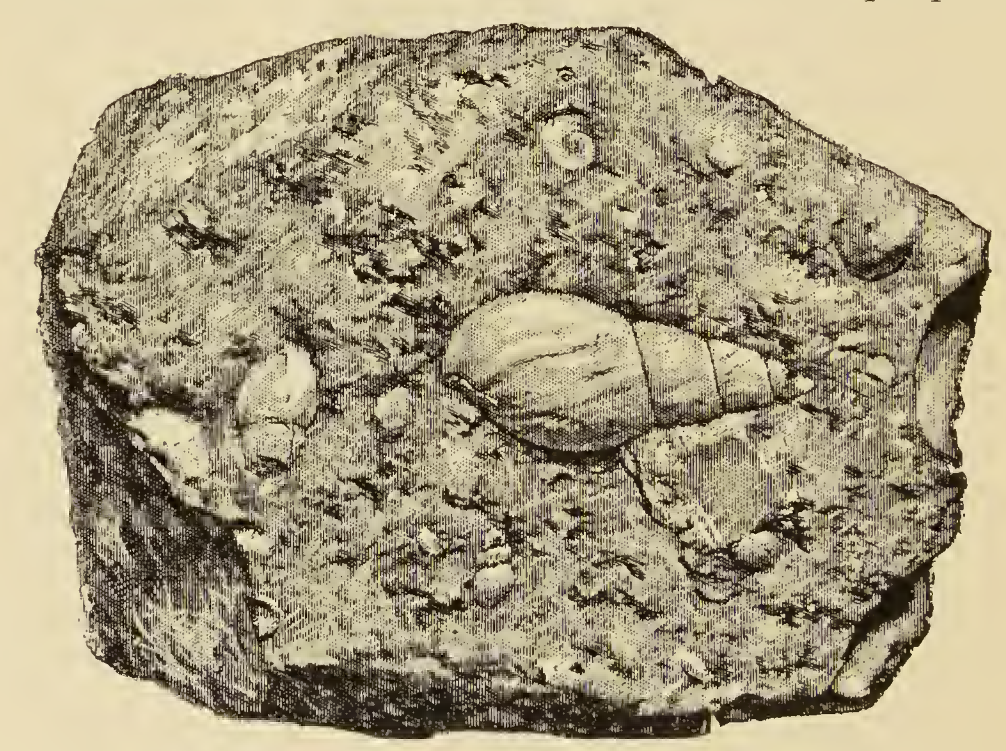


Fig. 180. — Un fossile en place dans une roche sédimentaire.

strates (fig. 179), le plus souvent faciles à entamer par la pioche; la roche contient fréquemment des *fossiles*, c'est-à-dire des débris d'animaux ou de plantes (fig. 180).

[*On appelle* **roches sédimentaires** *les roches stratifiées, d'aspect terne*, en général, *qui renferment des fossiles*].

2° Tantôt le sous-sol est compact, formé d'une roche tellement dure qu'on ne peut l'entamer qu'avec la poudre de mine; sa cassure fraîche présente de petites surfaces brillantes, limitant des *cristaux* orientés dans tous les sens; jamais on n'y trouve de fossiles.

[*On appelle* **roches cristallines** (**ignées**) *les roches compactes, à cassure brillante, toujours dépourvues de fossiles*].



Fig. 181. — Quand les hautes montagnes sont trop déboisées, l'eau s'en écoule sous forme de torrents.

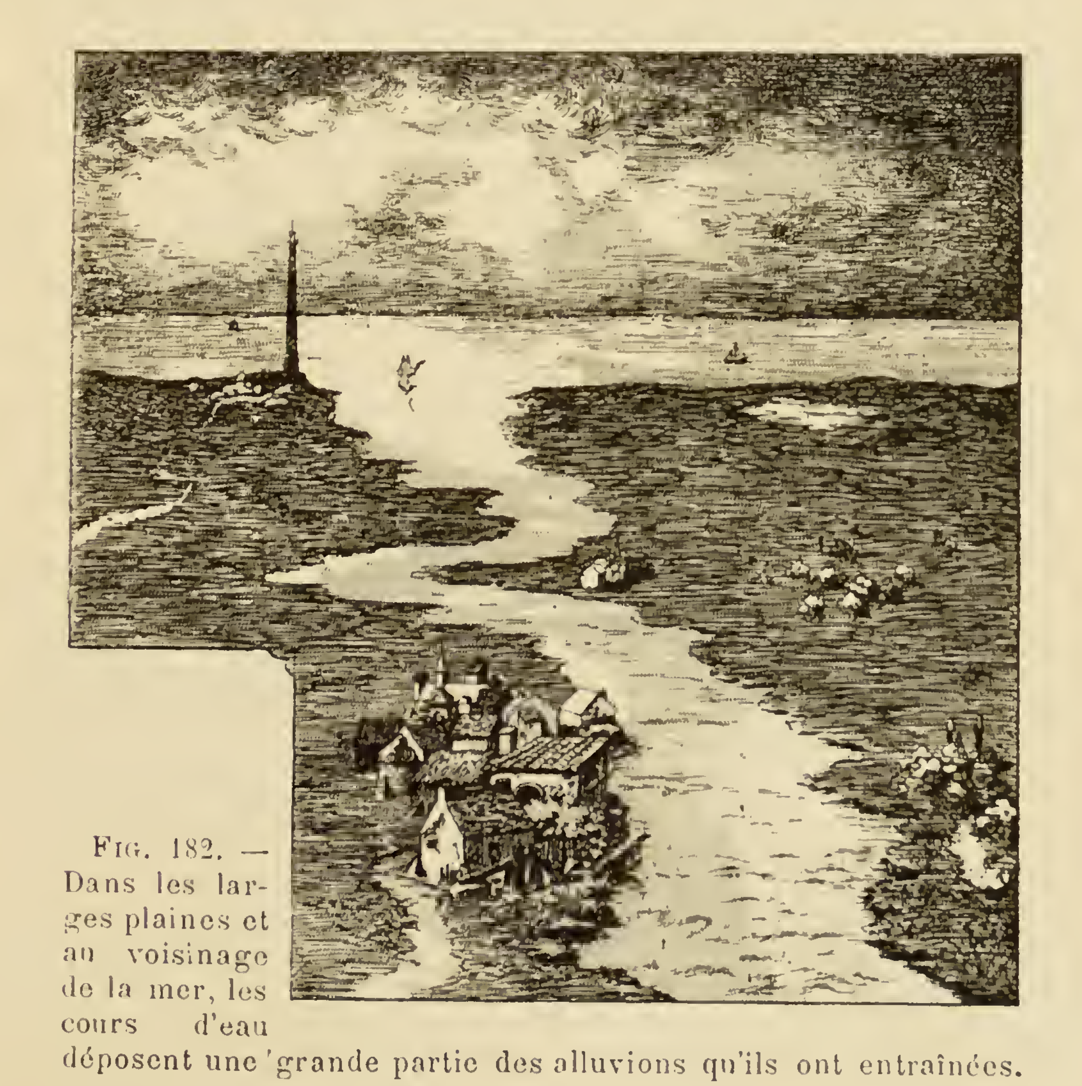


Fig. 182. — Dans les larges plaines et au voisinage de la mer, les cours d'eau déposent une grande partie des alluvions qu'ils ont entraînées.

Origine de ces roches. — Quand il a plu beaucoup dans une région, les torrents qui viennent des montagnes (fig. 181), les

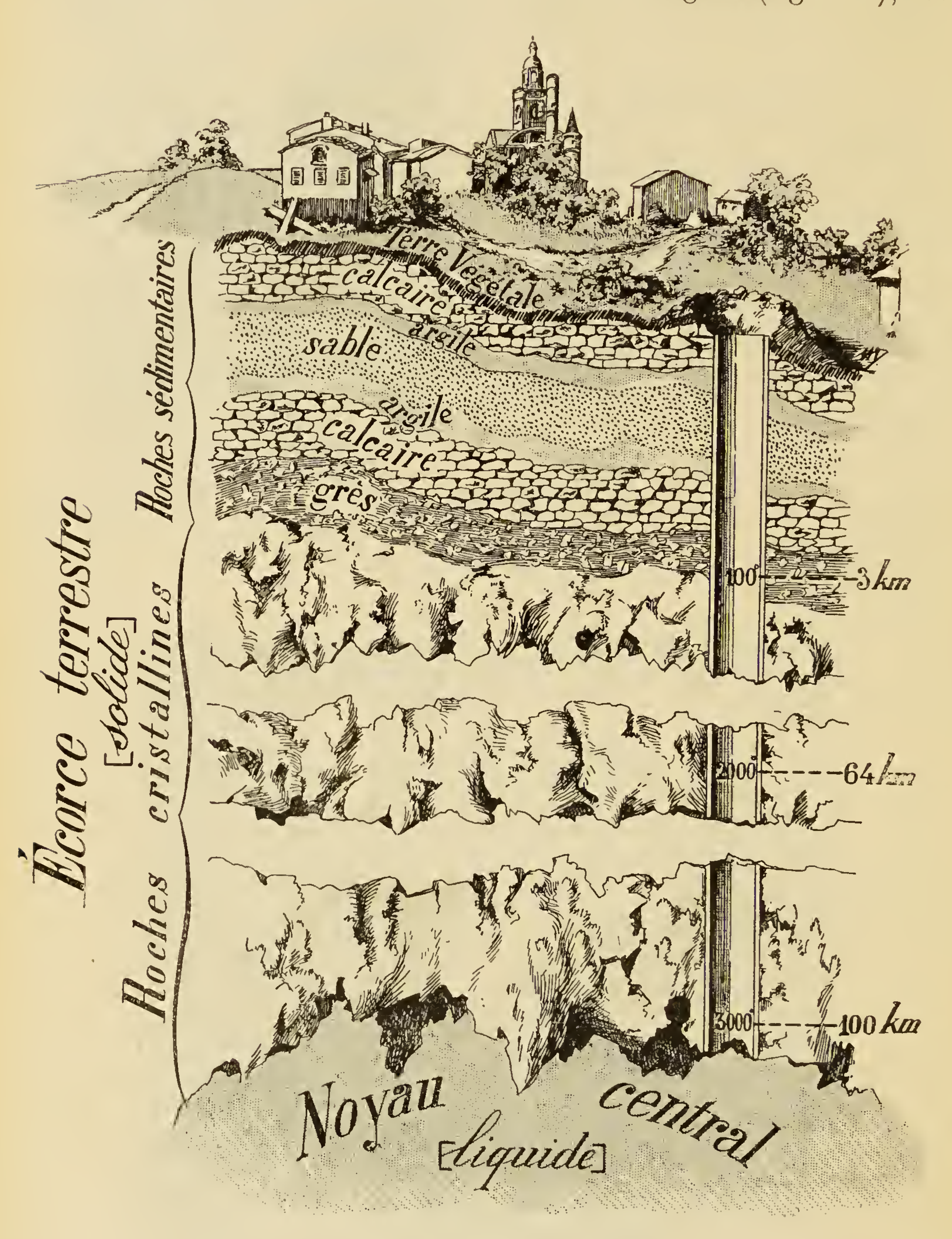


Fig. 183. — Composition de l'écorce terrestre.

rivières qui coulent dans la vallée (fig. 182) roulent de l'eau trouble.

Si on recueille un flacon de cette eau et qu'on l'abandonne

au repos, au bout de quelques jours l'eau sera devenue limpide; mais on trouvera une boue abondante, formée de *limon* et de *sable*, au fond du flacon.

L'eau qui tombe désagrège en effet les roches, même les plus dures ; les débris de ces roches s'usent et se brisent en petits fragments, par frottement le long des ravins.

Ces débris, ces ***sédiments*** ou ***alluvions***, se déposent dans les larges vallées à faible pente, où l'eau est devenue plus calme ; leur accumulation forme, à la longue, les roches sédimentaires disposées par couches superposées.



Fig. 184. — L'eau désagrège les roches cristallines et autres roches superficielles ; elle dépose les roches sédimentaires dans les vallées.

Les **roches sédimentaires** *proviennent de la désagrégation lente des roches cristallines par l'*action prolongée *des eaux.*

Les **roches cristallines** (ignées) *sont dues à la solidification des matières fondues provenant du noyau central.*

RÉSUMÉ

Définition. — *La Géologie est l'histoire de la Terre.*

Cette science a un intérêt considérable : elle nous fait connaître, en effet, le *mode de formation* et la *constitution du globe*, les *phénomènes qui n'ont cessé de s'y manifester* et qui en modifient l'aspect; elle nous permet : d'entrevoir, de découvrir et d'utiliser les *richesses minérales* renfermées dans le sol ; de *reconstituer les Animaux et les Plantes* qui y ont vécu autrefois; d'établir enfin, à l'aide de ces êtres curieux, les rapports réels existant entre les groupes admis actuellement en classification.

Constitution de la Terre. — La Terre comprend :
une ***atmosphère*** gazeuse, composée d'*air ;*
une ***écorce*** solide ou *croûte terrestre* épaisse d'au moins 100 kilomètres ;
un ***noyau central*** liquide, dont la température est d'environ 3000 degrés.

L'écorce terrestre. — Elle est formée de *roches* : les unes **cristallines**, les autres **sédimentaires.**

Les **roches cristallines** *sont compactes, à cassure brillante, dépourvues de fossiles.* — Elles proviennent de la solidification de matières fondues, échappées du noyau central par les fissures de l'écorce terrestre.

Les **roches sédimentaires** *sont disposées par couches* (strates); *elles sont plus ou moins tendres, d'aspect terne généralement; elles peuvent renfermer des fossiles.* — Elles résultent de la désagrégation des roches cristallines par l'action des eaux.

§ 2. — ÉTUDE SOMMAIRE DES PRINCIPALES ROCHES

I. ROCHES SÉDIMENTAIRES

Les roches sédimentaires sont les plus communes *à la surface* même du sol.

Principaux éléments composant les roches sédimentaires. — Agitons fortement un peu de terre végétale dans un flacon renfermant de l'eau, puis laissons reposer. — Du *sable* se rassemble rapidement au fond du flacon. L'eau qui surnage est trouble : elle contient en suspension de l'*argile*, en particules très fines qui se déposeront très lentement (fig. 185, *A*).

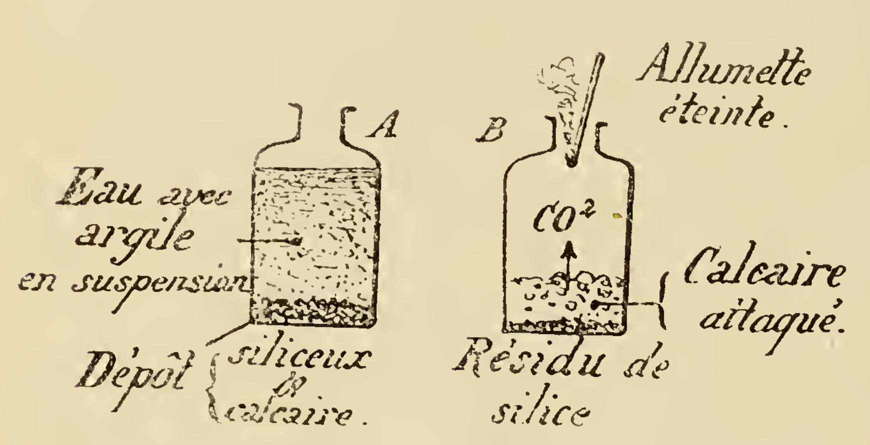


FIG. 185. — Analyse sommaire de la terre végétale.

Faisant écouler l'eau trouble, versons sur le sable de l'eau, puis un peu d'acide chlorhydrique : aussitôt se dégagent des bulles plus ou moins abondantes de *gaz carbonique*. On dit que le sable *fait effervescence* (fig. 185, *B*).

Une partie du sable est seule attaquée, car on obtient au fond du flacon un résidu de *sable siliceux* ou *silice ;* la partie du sable attaquée par l'acide était du *sable calcaire.*

La **silice**, le **calcaire** et l'**argile**, trouvés dans la terre végétale, *sont aussi les éléments les plus importants des roches sédimentaires.*

A. — SILICE ET ROCHES SILICEUSES

Silice. — La silice forme les sables qui ne sont pas attaqués par les acides.

Examinant à la loupe ou au microscope le sable le plus fin, on y voit souvent des *cristaux* transparents, analogues à ceux qu'on trouve rassemblés sur les parois des rochers dans les

hautes régions montagneuses (Plateau central, Pyrénées, etc.).

Les sables que roulent les torrents venant de ces régions, sont précisément des sables siliceux.

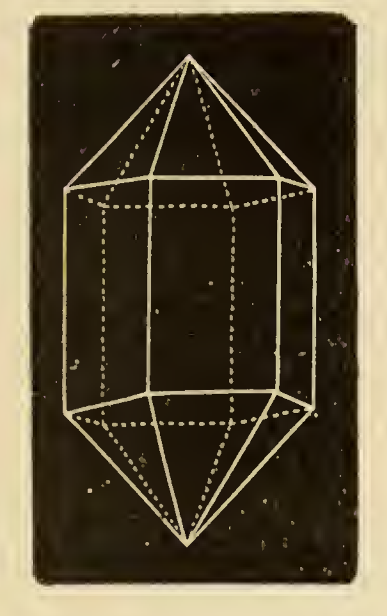


Fig. 186. — Le *quartz*. Prisme hexagonal terminé par 2 pyramides hexagonales.

La silice pure et cristallisée s'appelle **quartz** ou **cristal de roche**. — Elle forme des prismes hexagonaux, transparents comme du verre, souvent couronnés par des pyramides hexagonales (fig. 186 et 187).

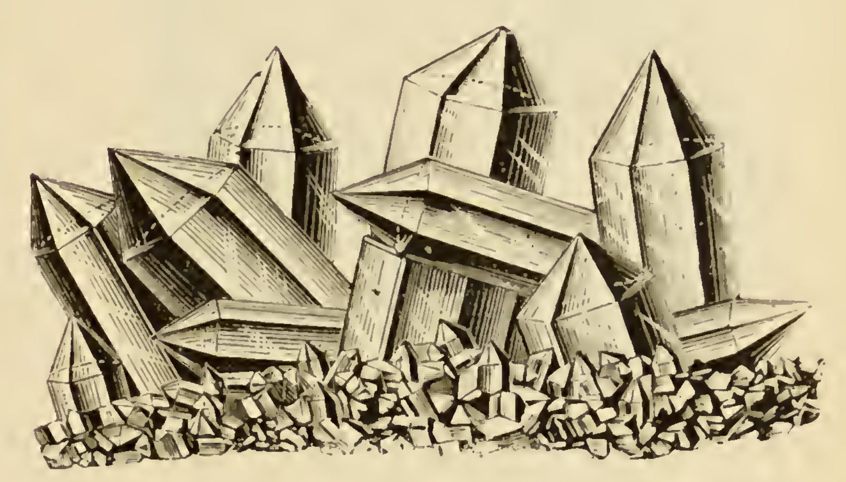


Fig. 187. — Groupe de cristaux de quartz.

Le quartz a pour densité 2,65 : *il raye le verre et l'acier*. C'est un *corps dur* qui peut remplacer le diamant des vitriers.



Fig. 188. — Le *silex* présente des arêtes tranchantes.

Il ne se dissout ni dans l'eau, ni dans les acides, sauf l'acide fluorhydrique qu'on emploie pour le graver.

Avec le quartz on fait des lentilles utilisées en physique, des objets d'art et des bijoux.

Le **silex** (fig. 188), qui abonde dans la craie de Meudon et des falaises normandes, est du quartz non cristallisé ou amorphe ; sa couleur est blanche, grise, blonde ou noire ; sa cassure présente des arêtes tranchantes. — Il fait feu sous le choc de l'acier. On s'en servait autrefois pour enflammer la poudre dans les fusils dits *fusils à pierre* pour cette raison ; aujourd'hui on s'en sert comme pierre à briquet, en frappant

violemment une lame d'acier contre une arête du silex, pour enflammer de l'amadou.



FIG. 189. — *L'agate* présente parfois des zones diversement colorées.

On appelle **calcédoine** ou **agate** un mélange de quartz cristallisé et de quartz amorphe, composé fréquemment de zones successives, plus ou moins parallèles et diversement colorées (fig. 189).

Son aspect est dû à ce que l'agate résulte du dépôt lent de silice gélatineuse dans les vacuoles de certaines roches où parviennent les eaux d'infiltration chargées de cette silice.

Moins dure que le cristal de roche, l'agate fait cependant feu au briquet et raye aussi le verre.

On en fait de beaux camées, des bagues, des vases, des breloques, etc., utilisés en joaillerie; des mortiers et des brunissoirs employés dans l'industrie et les laboratoires de chimie (fig. 190).

La silice hydratée, disposée en masses mamelonnées, porte le nom d'**opale**. — Elle est hyaline, jaune, rouge, brune, grise, verte ou bleue. L'opale noble a des irisations et un éclat qui la font rechercher comme pierre d'ornement.

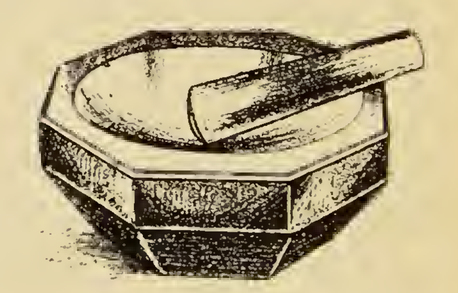


FIG. 190.
Un mortier en agate.

Roches siliceuses. — Les roches siliceuses sont *meubles* ou *agglomérées*.

Les **sables siliceux**, particulièrement abondants sur les côtes de la Bretagne et dans le lit des cours d'eau provenant des massifs montagneux cristallins, sont des **roches siliceuses meubles**.

Au pied des falaises granitiques de la Bretagne ou du Cotentin se trouvent précisément des débris rangés, le long

du rivage, par ordre de grosseurs décroissantes : *galets*, *cailloux roulés*, *sables grossiers* et *sables fins*. (fig. 191).

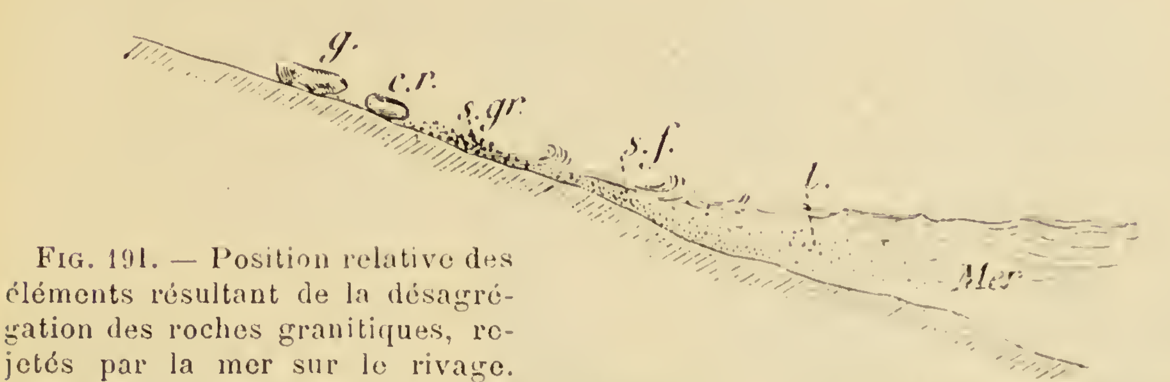


FIG. 191. — Position relative des éléments résultant de la désagrégation des roches granitiques, rejetés par la mer sur le rivage. *g*, galets ; *c.r*, cailloux roulés ; *s.gr*, sable grossier ; *s.f.* sable fin ; *l.* limon en suspension dans l'eau.

Les grains du sable grossier ont la grosseur d'une cerise ou d'une amande ; le sable fin est formé de petits grains irréguliers et très brillants.

Les **roches siliceuses agglomérées** résultent de la *cimentation* des sables par un dépôt minéral dû aux eaux d'infiltration.



FIG. 192. — Un *conglomérat* résulte de la cimentation de gros grains de sable.

On appelle **conglomérat** la roche qui résulte de l'union de grains de sable volumineux (fig. 192). — C'est une **brèche** si les fragments réunis ont des arêtes vives. — Un **grès** est dû à la cimentation de grains de sable fin (fig. 193).

Quand la matière qui unit les grains de sable est de la silice, le *grès est siliceux* et inattaquable par les acides ; quand le ciment est du calcaire

déposé entre les grains, le *grès est calcaire* et fait effervescence par les acides.

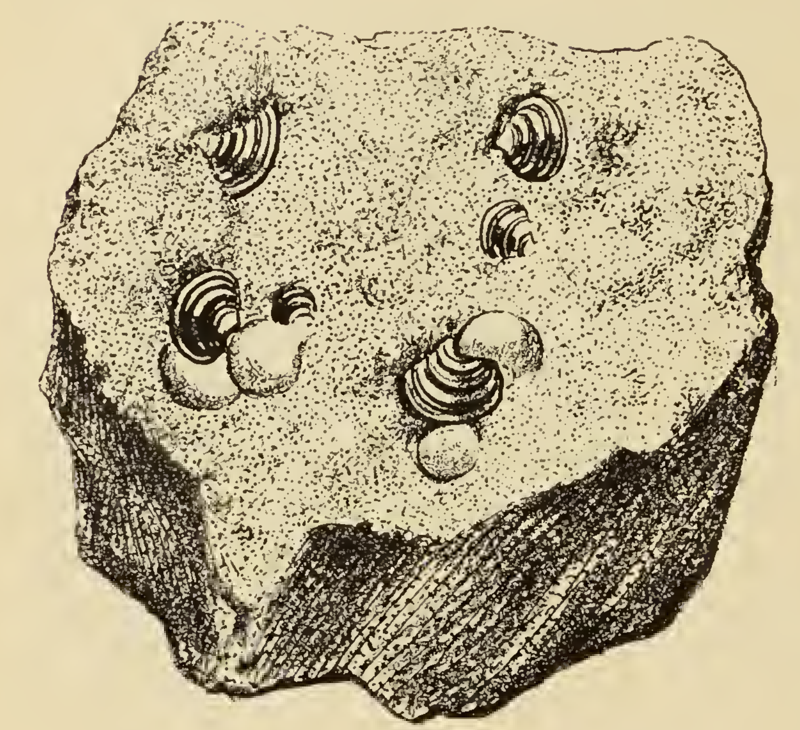


Fig. 193. — Un *grès* résulte de la cimentation de grains de sable fin.

Le premier est de beaucoup le plus dur et propre à la fabrication des pavés.

Les poudingues et les brèches forment d'excellents matériaux de construction.

On appelle **meulière** une roche siliceuse, souvent criblée de trous, parfois très compacte, fort répandue dans la Brie et la Beauce. On en exploite, à la Ferté-sous-Jouarre, une variété compacte dont on fait des meules de moulin. [La pierre meulière se prête bien à l'établissement des fondations des édifices, à cause de sa résistance à l'humidité.]

B. — ARGILE ET ROCHES ARGILEUSES

Argile. — L'argile est une roche très tendre, douce au toucher, qui se laisse rayer par l'ongle. Elle est blanche quand elle est pure (silicate d'alumine hydraté); le plus souvent, elle est colorée par des matières étrangères en jaune, vert, rouge ou bleu; c'est alors la **terre glaise**.

Elle happe à la langue, en absorbant la salive, et *ne fait pas effervescence avec les acides.*

L'argile forme avec l'eau une *pâte liante*, *onctueuse*, *plastique :* on peut la mouler pour en faire des statues et des vases. — Gâchée avec l'eau et tassée au fond des bassins au moyen d'un pilon, elle y forme une *couche imperméable*, c'est-à-dire que l'eau ne peut la traverser. — *Chauffée fortement, l'argile perd l'eau qu'elle renfermait et devient très dure;* on en peut faire alors des briques, des tuiles, des poteries, etc.

L'argile cuite des briques ne peut plus former de pâte liante avec l'eau, même quand elle est très finement pulvérisée.

L'argile est un élément essentiel de la terre végétale, car elle y retient l'humidité nécessaire au développement des plantes.

Roches argileuses. — Le **kaolin**, la plus pure de toutes ces roches, est une argile blanche assez rugueuse au toucher;



Fig. 194. — Une carrière d'argile plastique à Vanves.

elle forme d'importants gisements à Saint-Yrieix, près de Limoges, en Saxe, etc.

On utilise le kaolin pour la fabrication de la *porcelaine* à Sèvres près de Paris, en Saxe, etc.

[Les Chinois et les Japonais prodiguent la porcelaine dans leurs constructions, à cause de l'abondance du kaolin en Extrême-Orient].

L'**argile plastique**, extraite à Issy et à Vanves près de Paris (fig. 194), forme avec l'eau une pâte liante qu'on emploie pour fabriquer les *poteries*, les *briques réfractaires;* on l'utilise aussi pour le *modelage*, c'est-à-dire pour la préparation de statuettes, bustes, reliefs et motifs artistiques divers (terres cuites).

Les **ocres** sont des argiles ferrugineuses, dont la couleur est variable du rouge grenat au jaune terne, suivant l'hydratation de l'oxyde de fer qu'elles renferment.

Une ocre calcinée prend une couleur rouge plus accentuée.

Dans l'industrie, on fait grand usage des ocres, finement broyées dans l'eau au préalable, puis délayées dans l'eau, l'huile, l'essence ou la colle; elles servent dans la peinture artistique, pour la préparation des papiers peints et de la pâte des papiers colorés, pour la fabrication des crayons (*pastels* et *sanguine*), etc.

Les **schistes** ou **phyllades** sont des roches argileuses anciennes, dures et imperméables, *fissiles*, c'est-à-dire capables de se débiter en minces feuillets. — Les **ardoises** sont des phyllades noires à grain fin, exploitées à Trélazé (près d'Angers, à Fumay (Ardennes) et à Flumet (Savoie).

Les ardoises sont employées avantageusement pour couvrir les toits, au lieu des tuiles; leur poids moindre n'exige alors qu'une charpente légère. — L'ardoise sert aussi aux enfants qui apprennent à écrire.

Certains schistes argileux renferment des substances bitumineuses dont on retire du *pétrole* ou *huile de schiste* (environs d'Autun).

C. — CALCAIRE ET ROCHES CALCAIRES

Calcaire. — Le **calcaire** se distingue de la silice et de l'argile en ce qu'*il fait effervescence par les acides :* quand on verse un peu d'acide chlorhydrique sur un fragment de calcaire (fig. 195), ou quand on projette un bâton de craie dans de l'eau acidulée (fig. 196), aussitôt se dégagent de nombreuses bulles de gaz carbonique [le gaz carbonique éteint une allumette enflammée (fig. 197); c'est lui qui donne à l'eau de Seltz sa saveur acide].

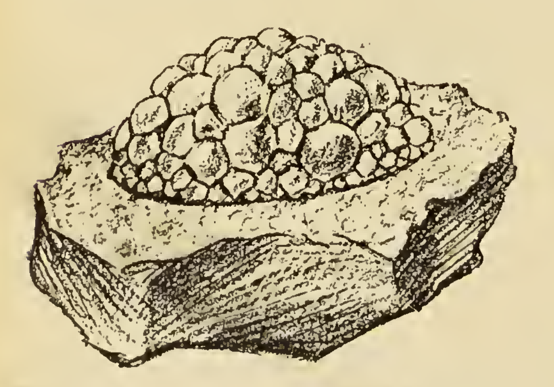


FIG. 195. — La craie fait effervescence par les acides.

Un bâton de craie, fortement chauffé dans un foyer, dégage du *gaz carbonique* et donne un résidu blanc appelé *chaux vive*.

Calcaire = Gaz carbonique + Chaux *vive*.

[Le calcaire, formé de gaz carbonique et de chaux, se nomme encore **carbonate de chaux**.]



Fig. 196. — Un bâton de craie est violemment attaqué par l'acide chlorhydrique, en dégageant du gaz carbonique.

Si on verse, dans une assiette, un peu d'eau sur la chaux vive, celle-ci se délite, tombe en poussière et se transforme en *chaux éteinte*.

Chaux *vive* + Eau = Chaux *éteinte*.



Fig. 197. — Le gaz carbonique, dégagé de la craie sur laquelle on verse de l'acide chlorhydrique ou du vinaigre, éteint une allumette enflammée.

Cette combinaison se fait avec un grand dégagement de chaleur, car une partie de l'eau ajoutée à la chaux se dégage à l'état de vapeur au bout de peu de temps.

A la longue, la chaux éteinte abandonnée à l'air en absorbe le gaz carbonique et redevient du calcaire.

Le calcaire se dissout en petite quantité dans l'eau chargée de gaz carbonique: les animaux et les plantes en absorbent ainsi pour leur entretien.

Chaux et Mortier. — La chaux est utilisée dans la *construction* des maisons et pour le *chaulage* des terres trop argileuses. On la prépare de la manière suivante dans un *four à chaux :*

Le four à chaux le plus simple consiste en une cuve en briques (fig. 198), haute de 3 à 4 mètres; on y forme une voûte avec de gros morceaux de calcaire appelé *pierre à chaux*, puis on la remplit de fragments de plus en plus petits. Du feu est entretenu sous la voûte, de manière à porter la pierre calcaire au rouge; on laisse refroidir. La chaux vive, retirée du four par une ouverture inférieure, est placée dans des tonneaux qu'on ferme de suite.



Fig. 198. Un four à chaux.

On appelle **mortier** un *mélange de chaux vive et de sable fin arrosé d'eau*, que le maçon étale entre les pierres du mur en construction. — Peu à peu, au contact de l'air, la chaux deviendra du calcaire qui soudera les pierres entre elles; le sable a pour but d'empêcher le rapprochement des pierres et le tassement de la construction.

Roches calcaires. — Ces roches sont nombreuses, particulièrement en France :

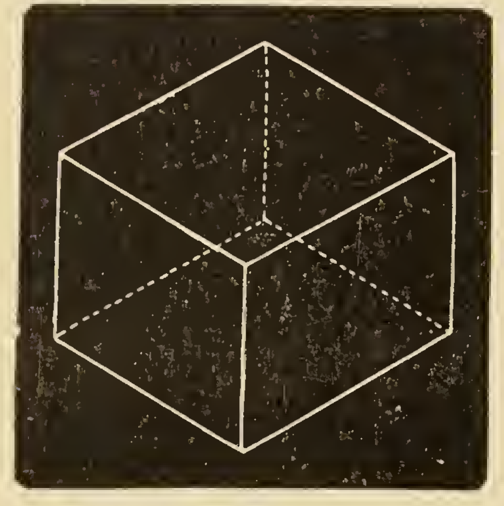


Fig. 199.
Spath d'Islande (rhomboèdre).

Les plus pures sont formées de cristaux de **spath d'Islande** (fig. 199).

La **craie** est une roche blanche, tendre et friable, rayée par l'ongle. Très poreuse, elle absorbe rapidement l'eau; aussi les gros blocs de craie humide gèlent-ils en hiver, et la glace les fait éclater.

Les *pierres gélives* sont donc de mauvais matériaux de construction, utilisés seulement dans les pays où ne se trouve pas d'autre pierre à bâtir.

La craie renferme une foule de débris de coquilles, de Foraminifères et de Mollusques notamment. — Elle forme d'immenses dépôts : en Normandie [falaises de la Manche], aux environs de Paris [craie de Meudon], en Champagne, en Touraine, dans le Poitou, etc.

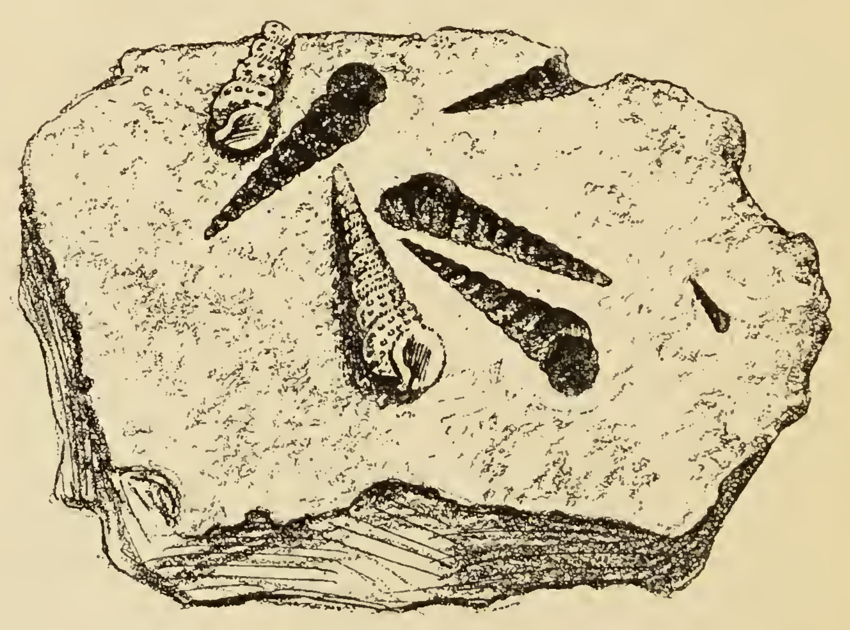


Fig. 200. — *Calcaire grossier* avec des empreintes de *Potamides* [Mollusques Gastéropodes].

On emploie la craie : sous forme de bâtons, pour écrire sur les tableaux noirs ; comme *blanc d'Espagne*, pour nettoyer les objets métalliques.

Le **calcaire grossier**, plus dur que la craie, n'est pas friable et ne peut être rayé par l'ongle; il s'appelle encore *pierre de Caen*, *pierre de Tonnerre*, *pierre de*

Lorraine, etc., suivant son origine ; c'est la *pierre à bâtir*, résultant de l'accumulation des coquilles de Mollusques dont beaucoup y ont laissé leur empreinte (fig. 200) : aussi cette pierre est-elle criblée de trous.

On l'extrait par gros blocs, travaillés ensuite à la scie et au ciseau ; à l'air, cette pierre se dessèche en perdant son *eau de carrière*, durcit et forme des moellons ou d'excellentes pierres de taille ; elle n'est point gélive. On en fait les murs des monuments et des belles habitations.



On appelle **calcaire oolithique** la pierre à bâtir de Caen, de Bourgogne, qui résulte de l'agglomération d'innombrables grains calcaires, gros comme des œufs

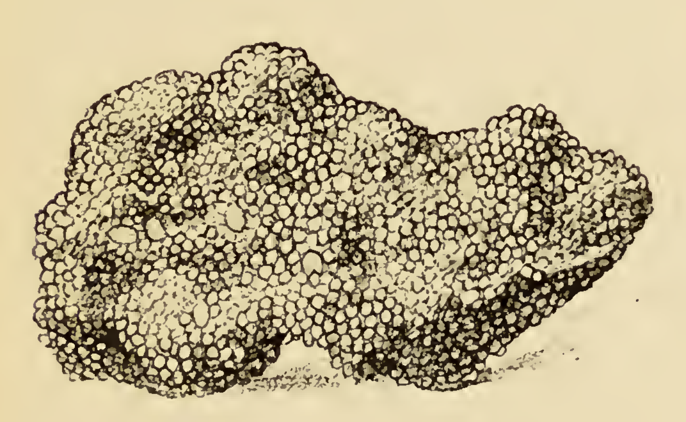


Fig. 201. — *Calcaire oolithique.*

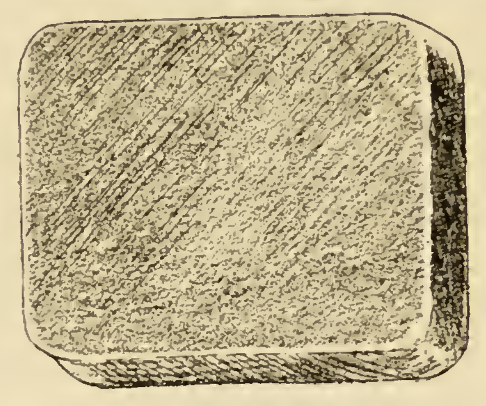


Fig. 202. — *Calcaire lithographique* [brut en haut, poli en bas].

de Poissons (fig. 201) : d'où le nom attribué à cette roche.

Le **calcaire lithographique**, à grain très fin, est gris jaunâtre, doux au toucher et très facile à polir (fig. 202) ; il contient un peu d'argile. On l'emploie pour la *gravure sur pierre*.

Sur la surface *polie* de la pierre, on trace avec un crayon gras le dessin à reproduire ; puis, avec une éponge imprégnée d'eau acidulée, on lave la pierre qui est attaquée seulement aux points où manque la trace du crayon. Le dessin, mis en relief, retiendra seul l'encre d'imprimerie, lorsqu'on passera sur la pierre lithographique un rouleau imprégné de cette encre.

Il suffit, après cette opération, d'appliquer successivement une série de feuilles de papier sur la pierre, pour que le dessin y soit exactement reproduit.

Les **calcaires saccharoïdes** résultent de l'agglomération de petits cristaux de calcaire qui donnent à leur cassure l'aspect du sucre. Susceptibles d'un beau poli, ils forment les *marbres*,

durs mais capables d'être rayés par l'acier, employés surtout pour l'ornementation (fig. 203).

Les plus beaux marbres sont ceux *de Paros* (en Grèce) et *de Carrare* (en Italie), d'un blanc pur et presque translucides. On en fait de magnifiques statues.

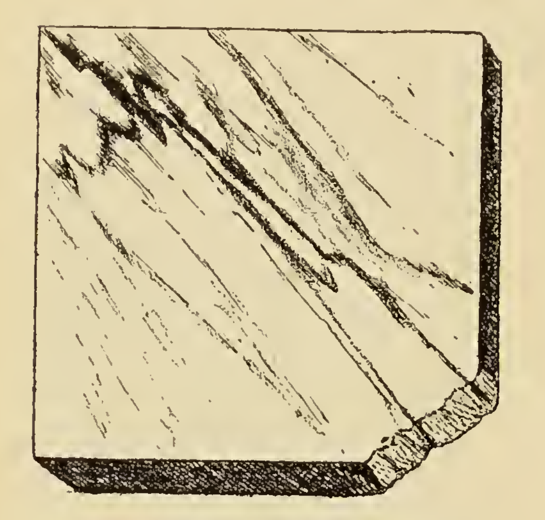


Fig. 203.
Un échantillon de *marbre* calcaire.

Certains marbres sont pénétrés de matières bitumineuses ou ferrugineuses, de coquilles parfois, qui influent sur leur couleur et leur aspect. Tels sont : le *marbre* noir *de Sainte-Anne*, en Belgique ; le *marbre griotte* de l'Aude, à fond brun parsemé de taches rouges ; le *marbre rouge* des Pyrénées, etc. Ils sont tous employés pour orner les cheminées, les dessus de meubles, etc.

On appelle **marne** un mélange de calcaire et d'argile avec lequel on *amende* les terres acides ou pauvres en calcaire ; elle permet aux terres trop légères de conserver mieux l'humidité.

Certaines marnes donnent, par la cuisson, de la *chaux hydraulique qui fait prise sous l'eau ;* cette chaux est employée avec le sable pour la construction des piles de ponts, des jetées, des digues.

Le *ciment* est une variété de chaux hydraulique qui, gâchée avec l'eau, se solidifie en un instant.

D. — ROCHES SALINES

A côté des roches précédentes, on peut en ranger quelques autres, moins importantes par leur étendue, mais utiles à l'agriculture comme le *phosphate de chaux* et le *gypse*, précieuses pour les constructions comme le *gypse*, et pour notre alimentation comme le *sel*.

Le **phosphate de chaux** abonde en divers points de la France (Ardennes, environs de Boulogne-sur-Mer et d'Avallon, Isère, Ardèche, Gard, etc.) ; on le trouve à Tébessa, en Algérie.

Il est utilisé comme *engrais* en agriculture ; bien qu'insoluble dans l'eau, il est peu à peu dissous par les racines des végétaux : d'où la nécessité de le répartir assez profondément dans le sol, à l'état de poudre fine.

On transforme par l'acide sulfurique le phosphate tricalcique insoluble

en *superphosphate* ou phosphate monocalcique soluble, *d'un excellent usage dans les terres calcaires.*

Le **gypse** est du sulfate de chaux hydraté se présentant sous des aspects divers :

gypse saccharoïde à cassure comparable à celle du sucre ;

gypse fibreux, *gypse en fer de lance*, formé de nombreuses lamelles transparentes superposées (fig. 204) ;

albâtre, variété assez compacte pour subir le polissage.

Le gypse est abondant sous le sol de Paris (Montmartre), aux environs de Paris (Argenteuil, Montmorency), en Lorraine, en Autriche, etc.

[Partout il est voisin de lentilles de sel gemme].

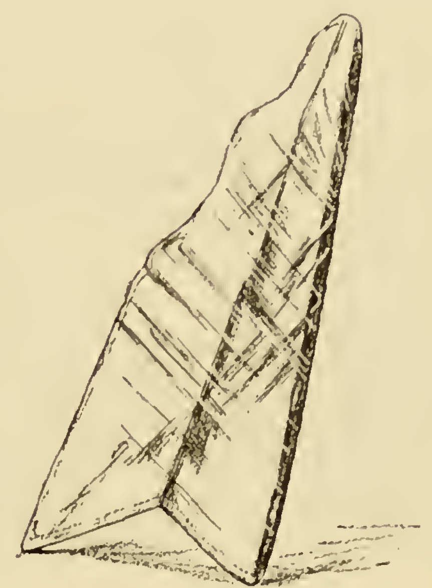


Fig. 204.
Gypse en fer de lance.

Le gypse peut être rayé par l'ongle et ne fait pas effervescence avec les acides. Il est plus connu sous le nom de *pierre à plâtre :* quand on le chauffe entre 115 et 130°, il perd son eau de cristallisation et donne une poudre blanche appelée *plâtre.* — Cette opération s'effectue dans des fours spéciaux dits *fours à plâtre.*

Gâché avec de l'eau, le plâtre s'y combine et forme une pâte plastique qui augmente de volume ; cette pâte prend l'empreinte des moules où on l'a coulée et acquiert une grande dureté.

Fig. 205. — *Sel gemme* en trémie et en cube.

On en fait ainsi des médailles, des statues, des motifs de décoration, des moulures, etc.

On revêt de plâtre les murs des habitations.

Le *stuc*, capable de recevoir un beau poli comme le marbre, est obtenu en gâchant le plâtre avec de l'eau gommée.

En agriculture, on sème le plâtre au printemps sur les vieilles prairies artificielles, afin de stimuler leur végétation en rendant plus assimilables les sels de potassium, sous la forme de sulfate de potassium.

Le **sel gemme** ou *chlorure de sodium* est identique au sel

marin ou sel de cuisine. Il est transparent, très soluble dans l'eau ; sa dissolution, soumise à l'évaporation, abandonne des cristaux cubiques groupés en trémies (fig. 205) [On l'obtient à cet état en faisant évaporer l'eau de mer dans les marais salants (fig. 206)].

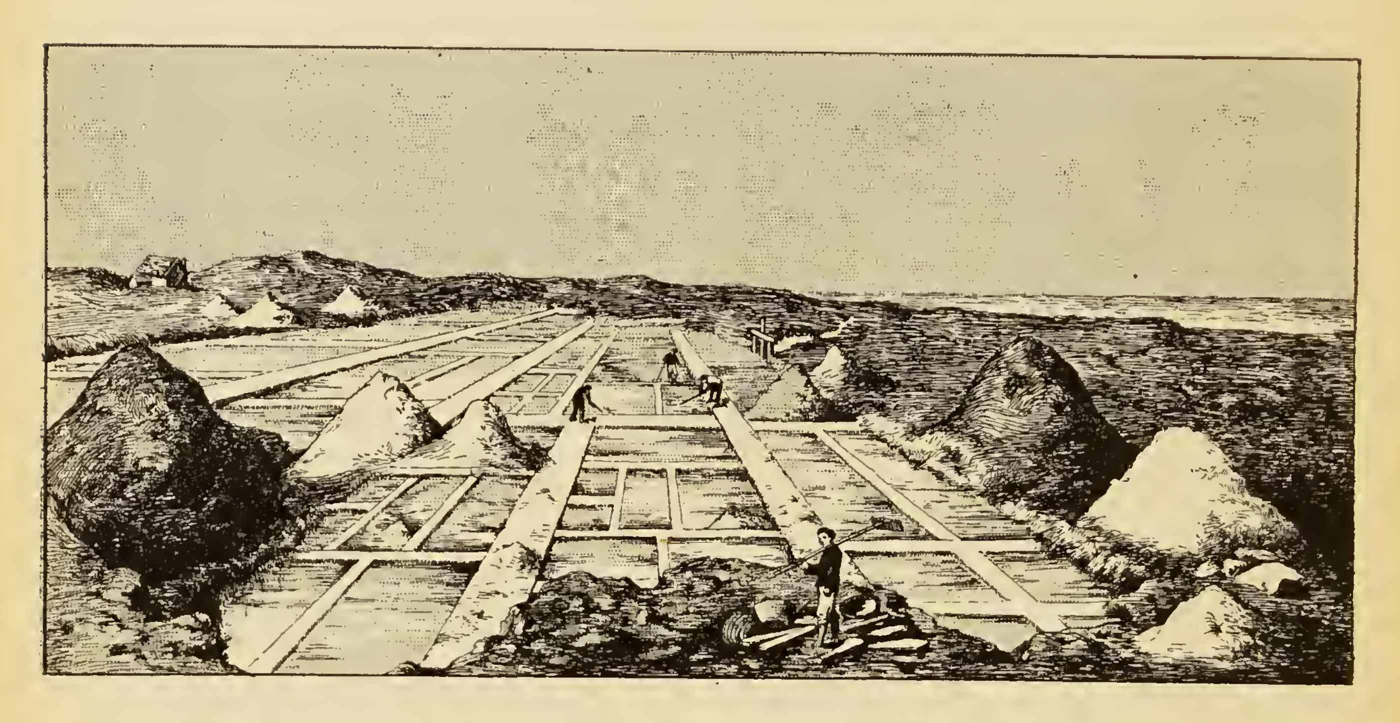


Fig. 206. — Dans les marais salants, l'eau de mer dépose le sel employé en cuisine.

Le sel gemme forme des amas plus ou moins puissants, entre des couches imperméables à l'eau, telles que les argiles et les marnes.

On en trouve d'abondants gisements en Lorraine (Dieuze, Vic, Varangeville), dans le Jura (Salins, Lons-le-Saulnier).

Les plus riches gisements sont ceux de Wieliczka, en Galicie.

RÉSUMÉ

Les **éléments** les plus importants des **roches sédimentaires** sont : la *silice*, l'*argile* et le *calcaire*.

La *silice* n'est pas attaquée par les acides; elle est plus dure que l'acier qu'elle raye.

L'*argile* happe à la langue, fait pâte avec l'eau et peut ainsi se modeler; elle est si tendre qu'on la raye avec l'ongle.

Le *calcaire* fait effervescence avec les acides, en dégageant des bulles de gaz carbonique.

A. **Silice et Roches siliceuses.** — La silice pure et cristallisée s'appelle *quartz* ; non cristallisée, elle forme le *silex*.

La *calcédoine*, l'*agate*, l'*opale*, en sont des variétés.

Les principales **roches siliceuses** sont :

les ***sables*** dont les grains sont indépendants ;

[Ils entrent dans la composition du mortier] ;

le ***grès***, formé de grains de sable fin réunis par un ciment siliceux ;

[Sa dureté le fait employer comme pavés] ;

le ***conglomérat***, résultant de la cimentation de grains de sable grossier ;

la ***meulière***, le plus souvent criblée de trous ;

[Elle sert comme pierre de construction et pour faire des meules de moulin.]

B. **Argile et Roches argileuses.** — L'argile est du silicate d'alumine combiné avec de l'eau ; si on la chauffe, elle perd cette eau, devient dure et incapable d'être pétrie à nouveau : c'est alors de la *brique.*

Les principales **roches argileuses** sont ;

le ***kaolin***, argile pure et blanche ;

[Elle sert à faire la *porcelaine*] ;

l'***argile plastique***, diversement colorée par des impuretés ;

[Elle est employée pour la fabrication des terres cuites, poteries, briques et tuiles] ;

l'***ocre***, argile ferrugineuse, rouge ou jaune ;

[On l'utilise, comme matière colorante, en peinture et dans l'industrie des papiers de couleur] ;

les ***schistes*** ou ***phyllades***, roches argileuses anciennes, dures et capables de se débiter en minces feuillets ;

[On en fait les ardoises. — Certains *schistes bitumineux* donnent du *pétrole* par distillation.]

C. **Calcaire et Roches calcaires.** — Le calcaire est du carbonate de chaux, appelé ***spath d'Islande*** quand il est cristallisé.

Fortement chauffé, le calcaire dégage du gaz carbonique et donne, comme résidu, la *chaux vive ;*

[La chaux est employée dans les constructions pour la fabrication du *mortier.*]

Les principales **roches calcaires** sont :

la ***craie***, tendre et friable ;

[Trop poreuse, elle donne une mauvaise pierre de construction ; on en fait du blanc d'Espagne] ;

le ***calcaire grossier*** et le ***calcaire oolithique***, plus durs que la craie ;

[Ils donnent d'excellente *pierre à bâtir*] ;

le ***calcaire lithographique*** à grain fin et mêlé d'argile ;

[On en fait des plaques pour la *gravure sur pierre*] ;

les ***calcaires cristallins*** durs, à cassure comparable à celle du sucre; ils sont susceptibles d'un beau poli;

[On en fait des *marbres* de décoration, des statues, etc.]

D. **Roches salines.** — Les principales sont :

le ***phosphate de chaux*** [employé comme engrais en agriculture];

le ***gypse*** qui ne fait pas effervescence par les acides; chauffé, il perd de l'eau et donne du *plâtre* comme résidu;

[Le plâtre est utilisé dans les constructions, la décoration et en agriculture];

le ***sel gemme***, identique au ***sel marin***, qui se dissout dans l'eau; il a une saveur caractéristique;

[On l'emploie en cuisine pour assaisonner les aliments].

II. ROCHES CRISTALLINES (IGNÉES)

Ces roches sont dues à la solidification de matières fondues, provenant du *noyau central* du globe.

Principaux éléments des roches cristallines. — Examinons, à la loupe, la cassure fraîche d'un fragment de **granite** (fig. 207); nous y voyons :

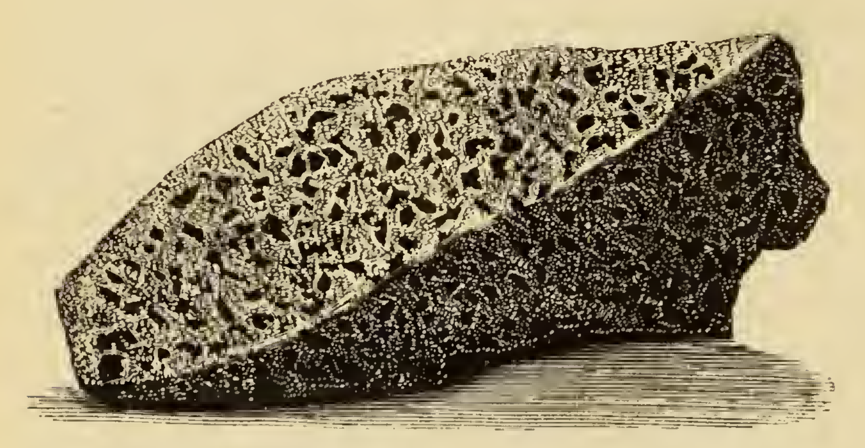


Fig. 207. — Granite (les parties noires représentent les cristaux de mica non orientés).

des cristaux de *mica* noir, en fines lamelles (quelques-unes hexagonales) orientées en tous sens;

des cristaux de *feldspath* rose ou blanc;

du *quartz*, transparent et cristallisé, qui réunit ces éléments.

Le **quartz**, le **feldspath** et le **mica** sont les éléments principaux des roches qui composent les immenses massifs cristallins des Alpes, des Pyrénées, du Plateau central, des Vosges et de la Bretagne.

D'autres éléments un peu moins importants sont : l'**amphibole**, le **pyroxène** et le **péridot**.

Le **quartz** a été étudié précédemment.

Le **feldspath** est un silicate d'alumine, uni à des silicates de

potasse, de soude ou de chaux. — Il forme des cristaux blancs, roses ou gris, moins durs que l'acier mais capables de rayer le verre.

Il s'altère à la longue, sous l'influence de l'eau chargée de gaz carbonique, en donnant comme résidu de l'argile (kaolin) mélangée de sable siliceux.

Le **mica** est un silicate d'alumine, uni à du silicate de potasse ou de magnésie ; plus il renferme de fer, plus il est coloré. — Le mica a l'aspect de minces feuillets *brillants*, élastiques et transparents, ordinairement réduits à de fines lamelles hexagonales.

Ses principales variétés sont : le *mica noir* et le *mica blanc*.

De grandes plaques de mica sont employées : comme vitres dans les navires à cause de leur souplesse ; dans les poêles à feu visible et les lanternes, car le mica résiste au feu. La poudre brillante, employée pour sécher l'encre, est formée de petits cristaux de mica.

L'**amphibole** et le **pyroxène** sont des silicates de magnésie et de chaux, de couleur noire ou verte, riches en oxyde de fer magnétique.

Le **péridot** est du silicate de magnésie presque pur ; sa couleur parfois vert-foncé lui fait donner le nom d'*olivine*.

Roches cristallines. — Elles comprennent :

des **roches éruptives**, dont les cristaux sont orientés d'une manière quelconque ;

des **roches cristallophylliennes**, dont les cristaux sont disposés en feuillets parallèles.

A. ***Roches éruptives.*** — Parmi ces roches, on distingue : les **granites** et les **porphyres** entièrement composés de cristaux ; les **trachytes** et les **basaltes**, formés d'une pâte remplie de cristaux microscopiques ou *microlithes* (fig. 209).

Le **granite** *est formé de cristaux de feldspath et de mica, réunis par du quartz.*

Le granite sert de *pierre de construction* et de décoration.

[Le granite à grain fin donne en effet, par le polissage, un marbre de toute beauté].

Il est utilisé également pour le *pavage* des rues, le *dallage* des trottoirs.

Il s'altère à la longue, par l'action de l'eau sur le feldspath et le mica (page 223).

On exploite cette roche précieuse dans les Pyrénées, les Alpes, le Massif central et la Bretagne.

Les **porphyres** ont ordinairement l'aspect d'*une pâte au milieu de laquelle sont inclus des cristaux plus ou moins volumineux* (fig. 208).



Fig. 208. — Porphyre.

Mais l'examen au microscope d'une lame mince de porphyre montre que *la pâte*, en apparence amorphe, *est elle-même formée de petits cristaux.*

Les porphyres forment des *nappes* et des *filons*, abondants dans le Plateau central (Morvan, environs de Roanne et de Brive).

Les porphyres sont susceptibles d'un beau poli et employés pour l'ornementation des édifices ; on en fait des colonnes, des chapiteaux, des vases, etc.

Les principales **roches trachytoïdes** *sont :* les **trachytes**, les **basaltes** et les **laves** d'*origine volcanique.*

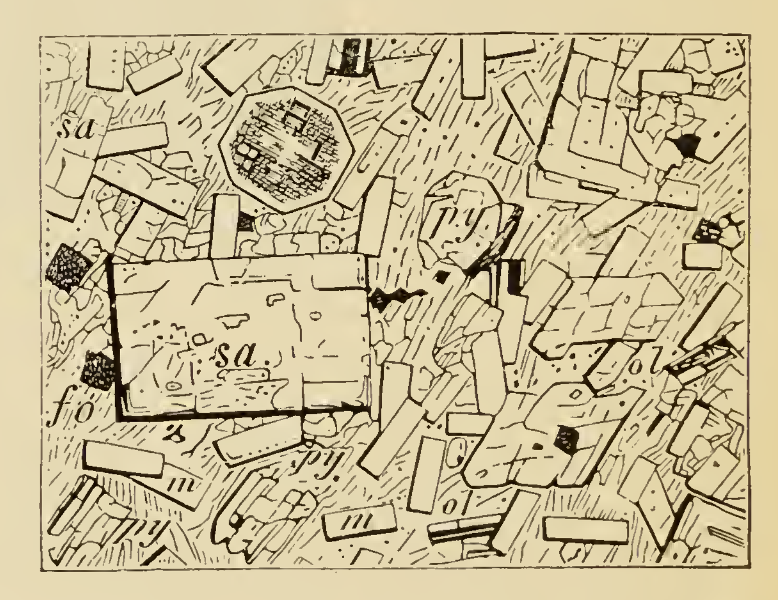


Fig. 209. — Trachyte vu au microscope (gr. 60) *sa*, feldspath craquelé ; *py*, pyroxène ; *m*, microlithes.

Le **trachyte** *est une roche grise*, *rude au toucher*, formée d'une pâte microlithique où sont enclavés de gros cristaux de feldspath craquelé (fig. 209).

On y trouve une assez forte proportion de fer.

Le pic de Sancy, le plomb du Cantal, etc., sont d'imposantes masses de trachyte.

Le **basalte** *est une roche noire, compacte, dont la pâte micro-*

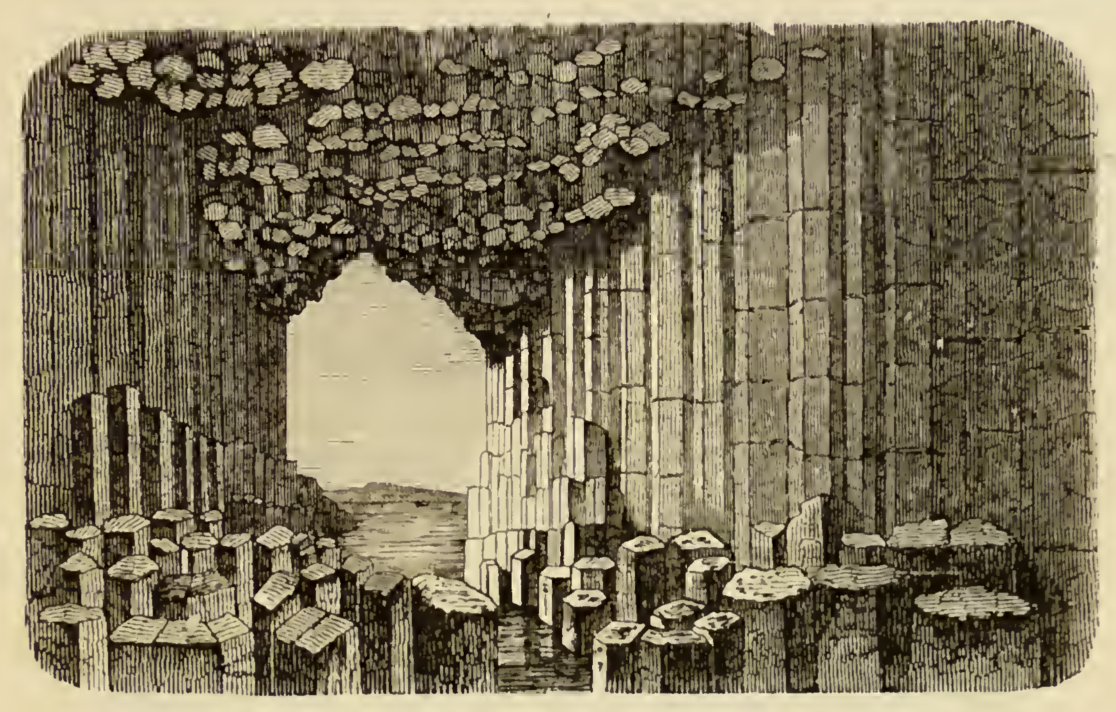


Fig. 210. — Colonnes prismatiques de basalte dans la grotte de Fingal (Ile Staffa, Écosse).

lithique, riche en oxyde magnétique de fer, englobe des cristaux de péridot.

Le basalte dévie l'aiguille aimantée.

Il forme d'importantes coulées dans le Plateau central (Cantal, Puy-de-Dôme et Haute-Loire).

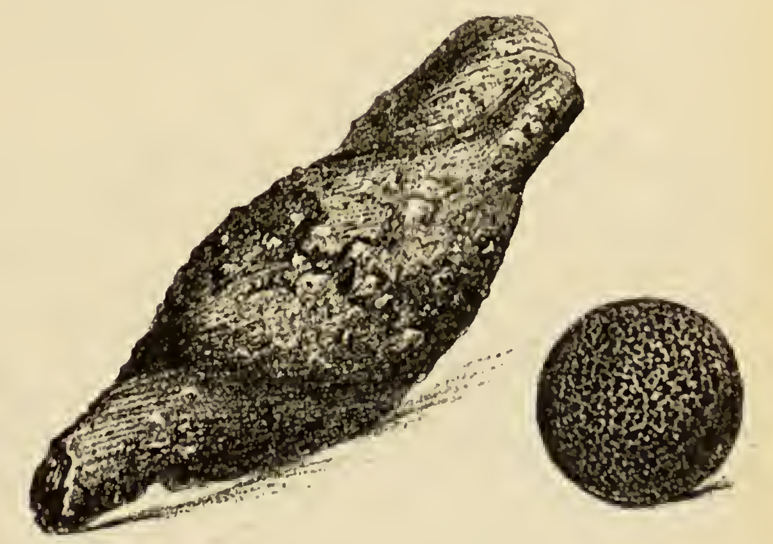


Fig. 211. Bombes volcaniques de formes différentes.

Les coulées de basalte, en se refroidissant, se sont contractées et divisées en colonnes prismatiques hexagonales [*Orgues* de Murat, de Saint-Flour et d'Espaly, grotte de Fingal dans l'île de Staffa, en Écosse, fig. 210].

La lave *est la matière fondue, incandescente, rejetée par les volcans actuels.* Elle forme des coulées, ou bien elle est projetée à l'état de bombes sphériques ou allongées, plus ou moins tordues (fig. 211).

Sa composition est variable avec le volcan qui l'émet; elle diffère aussi, pour un même volcan, avec le niveau où elle sort du cratère.

B. ***Principales roches cristallophylliennes.*** — Les roches cristallophylliennes forment la majeure partie de l'écorce terrestre. Elles ont une *structure cristalline* comme



Fig. 212. — Gneiss (figure schématisée).

les roches éruptives, mais leurs cristaux sont disposés en *feuillets parallèles*, comme dans les formations sédimentaires.

Les principales de ces roches sont :

le **gneiss** (fig. 212), de même composition que le granite; mais les paillettes de mica y sont disposées en couches séparées par des bandes de quartz ou de feldspath;

le **micaschiste**, d'aspect feuilleté et brillant dû à l'abondance des lits de mica, séparés par de minces feuillets de quartz.

On fait des dalles avec les schistes cristallins qui peuvent se débiter en plaques minces.

Disposition relative des roches dans l'écorce terrestre.

1° Les *roches cristallophylliennes*, *A* (fig. 213), occupent la partie profonde de l'écorce terrestre.

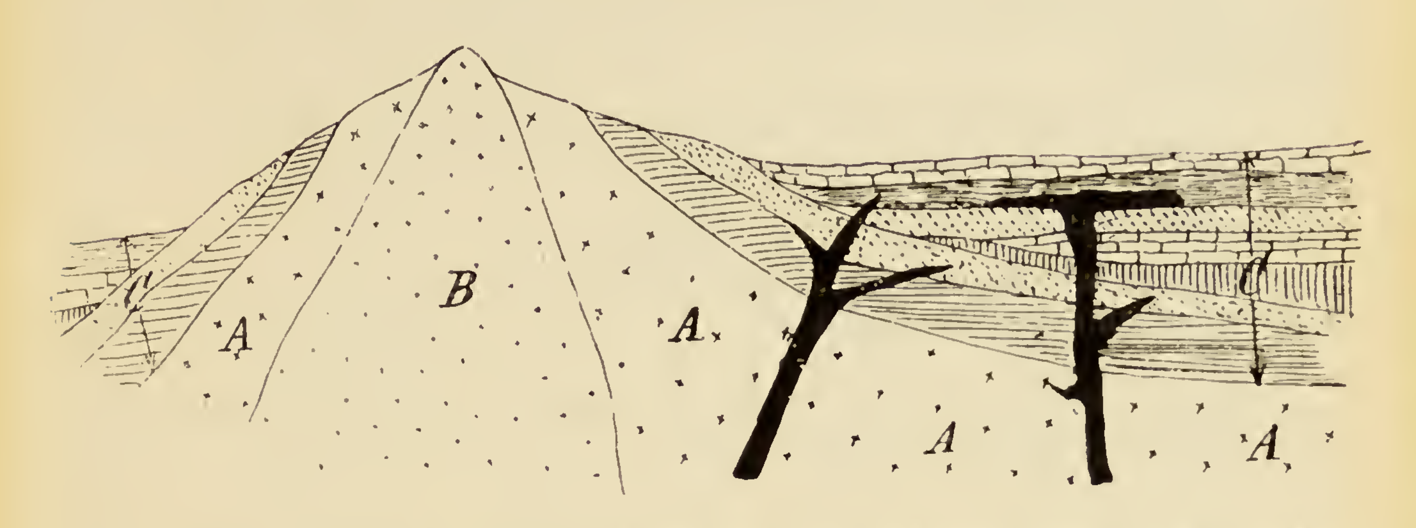


Fig. 213. — Figure théorique représentant l'arrangement relatif des diverses roches. — *B*, massif éruptif (granite). *A*, roches cristallophylliennes. *C*, roches sédimentaires traversées par des filons éruptifs plus ou moins récents.

2° Les *roches sédimentaires*, *C*, reposent normalement sur les roches cristallophylliennes.

3° Les *roches éruptives* traversent les précédentes en formant : soit des massifs puissants (*B*) comme les granites, soit des filons ou des nappes comme les porphyres et les roches trachytoïdes.

RÉSUMÉ

Les éléments essentiels des **roches cristallines** sont :
le **quartz**, le **feldspath**, le **mica**, l'**amphibole**, le **pyroxène** et le **péridot**.

Le *quartz* est de la silice pure.
Le *feldspath* et le *mica* sont des silicates complexes renfermant toujours du silicate d'alumine : ils s'altèrent à la longue par l'eau chargée de gaz carbonique.
L'*amphibole*, le *pyroxène* et le *péridot* renferment tous du silicate de magnésie.

Les **roches cristallines** se divisent :

en **roches éruptives**, dont les cristaux sont disposés d'une manière quelconque ;

en **roches cristallophylliennes**, dont les cristaux sont disposés en feuillets.

A. Les roches éruptives principales sont :

le ***granite*** et le ***porphyre*** entièrement cristallisés ; ils sont très durs, susceptibles parfois d'un beau poli [ce sont d'excellents matériaux de construction] ;

le ***trachyte***, le ***basalte*** et la ***lave*** rejetée actuellement par les volcans, roches formées de cristaux microscopiques, noyés dans une pâte.

B. Les roches cristallophylliennes principales sont :

le ***gneiss*** et le ***micaschiste*** qui se débitent en lames plus ou moins minces, employées comme dalles de trottoir.

Toutes ces roches se trouvent en France, dans les Alpes, les Pyrénées, le Massif central, la Bretagne, les Vosges.

ROCHES

SÉDIMENTAIRES

Leurs caractères. — Roches *stratifiées*, *ternes* le plus souvent, plus ou moins *tendres;* elles renferment des *fossiles*. [Cristaux tous de même nature, quand elles en renferment.]

Leurs éléments principaux. — *Silice*, *argile*, *calcaire*.

Ne faisant pas effervescence avec les acides.	ne pouvant se modeler avec l'eau. R. SILICEUSES d'origine........	détritique.	Grains indépendants........................ ...	**Sables.**
		détritique.	— agglomérés — petits grains............	**Grès.**
		détritique.	— agglomérés — gros grains........... .	**Conglomérat.**
		chimique..	Cassure courbe ; odeur de bitume par le choc..	**Silex.**
		chimique..	Cavités irrégulières....................... .	**Meulière.**
	faisant pâte avec l'eau. R. ARGILEUSES..................		argile pure.................................. .	**Kaolin.**
			plus ou moins impures........................	**Argiles, Ocres.**
			se débitant en feuillets minces................	**Schistes** [*Ardoise*].
	solubles dans l'eau. R. SALINES entièrement cristallisées.........		de saveur salée............................	**Sel gemme.**
			sans saveur; donnant du plâtre par la cuisson.	**Gypse.**
Faisant effervescence avec les acides.	R. CALCAIRES d'origine............	organique.	très tendre.............	**Craie.**
		organique.	non rayées par l'ongle. — ne pouvant être polies.........	**Calc.grossier, Calc. oolithique.**
		organique.	non rayées par l'ongle. — pouvant être polies...........	**Calc. cristallins** [*Marbres*].
		chimique...		**Travertins.**

CRISTALLINES

Leurs caractères. — Roches brillantes, dures, composées de cristaux divers et différemment associés ; elles ne renferment jamais de *fossiles*.

Leurs éléments principaux. — *Quartz*, *Feldspath*, *Mica*, *Amphibole*, *Pyroxène*, *Péridot*.

Cristaux.....	orientés en tous sens. R. ÉRUPTIVES..................	entièrement cristallisées.....	**Granite, Porphyre.**
		cristaux micoscopiques noyés dans une pâte..	**Trachyte, Basalte** [*Lave*].
	disposés en feuillets. R. CRISTALLOPHYLLIENNES......	difficiles à partager en lames................	**Gneiss.**
		faciles à débiter en lames...................	**Micaschiste.**

TABLE DES MATIÈRES

FONCTIONS DE RELATION

COMPLÉMENTS [Cours de Saint-Cyr.]

Paris. — Imp. E. Capiomont et Cie, rue de Seine, 57.





